

**Dr. Ruttai László – Dr. Krajnc Zoltán – Kalmár István**

## **A BALLISZTIKUS RAKÉTÁK ELLENI AKTÍV VÉDELEM ESZKÖZEI**

A biztonságról alkotott felfogás a világ számos országában jelentős átalakuláson ment keresztül a „nagy háború” veszélyének elmúltával. A biztonságot fenyegető tényezők – a kihívások és a kockázatok, vagy másképpen a fenyegetések és a veszélyek – értelmezése mind jellegük, mind irányultságuk tekintetében árnyaltabb, kifinomultabb lett. Ennek egyik elsődleges oka, hogy a világban, a közelmúltban lezajlott társadalmi, politikai, technikai és technológiai változások olyan, a biztonságot veszélyeztető tényezőket generáltak, amik – bár nem módosították a hadászat alapvető elveit – vitathatatlanul jelentős hatást gyakoroltak a hadviselés feltételeire és módjaira. A katonai tényező elvesztette korábbi egyeduralkodó szerepét, és más, eddig kevésbé fontosnak tekintett kérdések kerültek előtérbe, mint a politika, a gazdaság, a szociális kérdések és a környezetvédelem. Az egyeduralkodó szerep elvesztése természetesen nem jelentette a katonai tényező jelentőségének csökkenését, ellenben vitathatatlanul a haditevékenységek összetettségének fokozódásával járt. A változások eredményeként ugyanis olyan új hadviselési formák jelentek meg, amik szükségszerűen további változásokat indukáltak a katonai stratégiákban és doktrínákban is, melyek egyre inkább a biztonság oszthatatlansága és átfogó értelmezése mellett szállnak síkra. A kollektív biztonsági szemlélet mellett azonban sok országban még napjainkban is az a korábban szinte egyeduralkodónak számító nézet a meghatározó, miszerint a fegyveres hatalom politikai befolyássá konvertálható.

A biztonságról alkotott nézetek változását jól tükrözi az Amerikai Egyesült Államok 1997-ben kiadott nemzeti katonai stratégiája (*National Military Strategy of the United States of America*) is, ami a nemzeti biztonságot veszélyeztető tényezők közül a regionális veszélyeket, az aszimmetrikus kihívásokat, a transznacionális fenyegetéseket valamint az úgynevezett előre nem látható veszélyeket<sup>1</sup> emeli ki. *Az amerikai álláspont szerint ugyanis néhány állam, illetve szervezet olyan aránytalan, nem hagyományos, vagy nem költséges képességekre tehet szert, amivel – elsősorban a legsebezhetőbb pontok ellen alkalmazva azokat – komolyan fenyegetheti az Egyesült Államok honi területét, vagy tengeren túli érdekeit is.* E képességek körébe tartoznak többek között a ballisztikus rakéták, a pilóta nélküli eszközök és a tömegpusztító fegyverek is, melyek veszélyeit csak tovább fokozza a megjelenő új technológiák, valamint a haditechnikai eszközök egyre intenzívebb proliferációja.

Hasonló, majdhogynem megegyező álláspontot képvisel a NATO 1999-ben elfogadott stratégiai koncepciója is, miszerint a szövetség biztonságát sokféle katonai és nem katonai kockázat befolyásolja. *A koncepció a katonai kihívások közül kiemelt figyelmet fordít*

---

<sup>1</sup> *E tényezők részletesebb vizsgálata megtalálható Kőszegvári Tibor „A XXI. századi hadviselés” című egyetemi jegyzetében (ZMNE, Budapest, 2000.)*

*a szövetségen kívüli nukleáris erők létezésére, a tömegpusztító fegyverek és hordozók, valamint a magas szintű fegyvergyártási technológia globális elterjedésére, és egyértelműen állást foglal abban a tekintetben, hogy a szövetségnek rendelkeznie kell a lakosságát, területét, valamint haderejét fenyegető tömegpusztító fegyverek és hordozóeszközök elleni hatékony védekezés képességével.* Talán redundánsnak tűnhet a kiemelés, de mégis célszerű rögzítenünk, hogy hazánk biztonságról alkotott nézetei, valamint a fegyveres támadás elhárítására irányuló képességei szempontjából – éppen a NATO tagságunkból, illetve a kollektív védelem szelleméből adódóan – az Észak-atlanti Szerződésben megfogalmazott alapelvek a meghatározók.

Az említett stratégiákat tekintve, már e két rövid gondolat alapján is egyértelműen megállapíthatjuk, hogy *napjainkban mind az USA, mind a NATO kiemelt kérdésként, pontosabban az egyik legjelentősebb, biztonságot fenyegető kihívásként kezeli a tömegpusztító fegyverek és hordozók elterjedéséből, illetve azok birtoklási vágyából eredő kockázatokat, és a veszély elhárításának egyik fontos összetevőjeként jelöli meg a hordozóeszközök – elsősorban a ballisztikus rakéták – elleni aktív védelmi rendszerek kifejlesztését.*

Mindezek után – akár e bevezető néhány gondolat igazolásaként – *tekintsük át az ezen a területen vitathatatlanul élenjáró Amerikai Egyesült Államok ballisztikus rakéták elleni aktív védelmének eszközrendszerét,* hangsúlyozva persze azt a tényt, hogy rajta kívül más nemzetek is jelentős erőfeszítéseket tesznek e vonatkozásban.

## **1. AZ AKTÍV RAKÉTAVÉDELEM ERŐFORRÁSAI**

A ballisztikus rakéták elleni védelem magába foglalja az aktív és passzív védelmet, az úgynevezett képességszökkentő aktív műveleteket, valamint a csapatvezetési műveleteket – beleértve a vezetés, az irányítás, a kommunikáció és a felderítés műveleteit – egyaránt.<sup>2</sup> Az egymás hatását kiegészítő összetevők között kiemelt jelentősége van azoknak az úgynevezett aktív védelmi műveleteknek, melyek végrehajtása a ballisztikus rakéták indítása után történik. Ennek megfelelően *a ballisztikus rakéták elleni aktív védelem definíciószerűen a támadó rakéták megsemmisítése illetve hatástalanítása érdekében végrehajtott tevékenységek összességét jelenti.* E tevékenységek egymással szoros egységben, összehangolt folyamatot képezve felölelik a rakétaindítás észlelésével, az indított rakéták felderítésével, azonosításával, követésével, kiválasztásával és elfogásával, valamint az ellentevékenység eredményességének értékelésével kapcsolatos műveleteket. A rakétavédelem technikai jellegű erőforrásait a különféle *érzékelők (sensors), fegyverek (weapons), és vezetési-irányítási eszközök (controls)* jelentik.

A rakétavédelem funkcióinak megvalósítása az alkalmazott eszközök illetve eszközrendszerek területén – a velük szemben támasztott követelmények fokozódásával szoros összhangban – folyamatos kutatásokat, fejlesztéseket követelt és követel még napjainkban is. Az erőfeszítések eredményeként alkalmazható új technológiák elterjedése drámai gyorsaságú fejlődést eredményezett szinte minden téren. Jelentős előrelépések történtek a miniaturizálás, a számítási teljesítmény, a kommunikációs áteresztőképesség, valamint a szenzorok reakcióképességének, érzékenységének és felbontóképességének, valamint megkülönböztető-képességének kifejlesztése terén.

---

<sup>2</sup> *Harnessing the Power of Technology : The Road to Ballistic Missile Defense from 1983-2007, BMDO Department of Defense 2000, 11. p*

Az elért eredmények természetesen nagy hatással voltak a megsemmisítő eszközökkel elérhető hatékonyságra is, ami elsősorban a kis méretű rakétahajtóműveknek köszönhetően látványosan fejlődött. Az elmúlt időszakban jelentősen javult a tolóerő-súly arány, és erősen lecsökkent a megsemmisítő eszközök (a végfázisban a rakétáról leváló, a céllal ütköző eszköz) tömege is. A tömeg jelentős csökkentése, a végfázisban történő önirányítás, a sugárirányú miniatűr hajtóművekkel való kormányzás kifejlesztése a rávezetési pontosság jelentős javulását eredményezte. A fejlesztések eredményeként napjainkban a megsemmisítő elemek már centiméteres pontossággal képesek eltalálni a célt illetve annak egy tetszőleges pontját. Meg kell azonban jegyezni, hogy rendkívül intenzív kutatások folynak az irányított energiájú (lézer) fegyverek kifejlesztése illetve alkalmazhatóságuk hatékonyságának fokozása területén is.

Az elmúlt évtizedekben jelentős problémákkal kellett és kell még napjainkban is megküzdniük a vezetési és irányítási rendszerek tervezőinek is. A fő feladatot a sok forrásból származó információhalmaz valós időben történő feldolgozási lehetőségének megteremtése jelentette olyan számvetéssel, hogy képesek legyenek annak meghatározására, hogy az egyes támadórakéták megsemmisítésére melyik röppályaszakaszon, melyik fegyver lenne a legalkalmasabb. Az erőfeszítések eredményeként napjainkra ezen a területen is sikerült megfelelni a növekvő igényeknek, így a korszerű számítástechnikai eszközök és a továbbfejlesztett megoldási módszerek segítségével az ember a részletekkel való foglalkozás kötelezettsége nélkül vehet részt a döntési folyamatokban.

## 2. AZ ÉRZÉKELŐK

Az *érzékelő eszközök (sensors)* a telepítési helyeik szerint lehetnek az űrben (space-based), a levegőben (airborne), a földön (ground-based) és a tengeren (sea-based) telepített passzív és aktív berendezések egyaránt.<sup>3</sup> A műholdakon és az elfogó eszközökön elhelyezett passzív érzékelők a látható fény tartományában, illetve az infravörös és az ultraibolya hullámtartományban működhetnek. Az aktív érzékelők kategóriájába sorolható radar (radio detection and ranging) és ladar (laser detection and ranging) berendezések a működési sajátosságaikból következően nagy mennyiségű energiát igényelnek, így ezek elsősorban felszíni, azon belül is leginkább földi telepítésű eszközök lehetnek.

Az érzékelő eszközök önállóan, vagy hálózatba szervezve is működhetnek, így minden esetben, de különösen a hálózati üzem esetén, kiemelt figyelmet kell fordítani az információk továbbításának lehetőségére.

### 2.1. Az űrbázisú infravörös rendszer

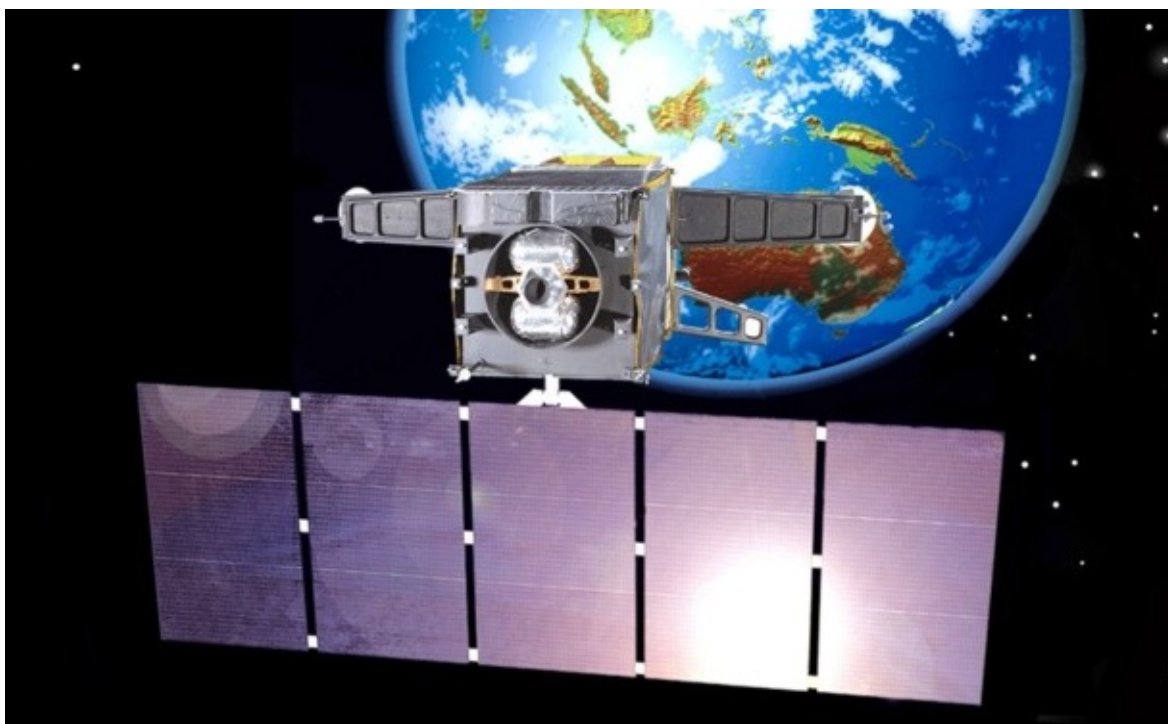
Az *űrbázisú infravörös rendszer (SBIRS – Space Based Infrared System)* képességei – esetenként túlmutatva a rakétavédelem érdekében történő alkalmazhatóságon is – egyidejűleg több célkitűzés megvalósítását, több felhasználói kör információs igényének kielégítését célozzák. Ennek megfelelően a rendszer érzékelőitől kapott adatok alapján végrehajthatók a rakétatámadásról szóló figyelmeztetés illetve riasztás (*missile warning*), a rakétavédelem (*missile defense*), a technikai felderítés (*technical intelligence*) feladatai valamint

<sup>3</sup> *Alaprendeltetésükből következően az érzékelők kategóriájába kell sorolnunk a rakétavédelem céljára szolgáló fegyverrendszerek felderítőeszközeit, az úgynevezett rendszerradarokat (system radars) is. Jelenlegi ismereteink szerint a légi és földi telepítésű érzékelők egy része, valamint a tengeri bázisú érzékelők teljes egészében ebbe a csoportba tartoznak. (A szerzők)*

a harc tér jellemzőinek meghatározásával (*battle space characterization*) kapcsolatos feladatok egyaránt.

A rendszer érzékelőelemei alapvetően két csoportba oszthatók. Az egyik csoportot a *nagy magasságú pályára állított műholdak (SBIRS high)* jelentik, míg a másikat az *alacsony pályára állított, infravörös érzékelőkkel felszerelt műholdas rendszer (SBIRS low)* képezi.<sup>4</sup> A rendszer működésének összehangolását egy olyan különleges földi bázisú komponens támogatja, minek alapvető eleme az úgynevezett *feladatirányító állomás (MCS – Mission Control Station)*. E földi telepítésű összetevő részét képezi még a *kisegítő* vagy *más néven tartalék feladatirányító állomás (MCSB – Mission Control Station Backup)*, a *túlélést elősegítő feladatirányító állomás (SMCS – Survivable MCS)* valamint a *horizonton túli kommunikációt biztosító rádiórelé állomások (RGSs – Relay Ground Stations)*, a *többfeladatú mobil processzorok (M3Ps – Multi-Mission Mobile Processors)* illetve a *műholdak pályára állításához szükséges rakétaindításokat és a személyi állomány kiképzését támogató teljes infrastruktúra* is.

1. sz. ábra



*Nagy magasságú pályára állított, infravörös érzékelőkkel  
felszerelt műhold*

A **nagy magasságú pályára állított, infravörös érzékelőkkel felszerelt műholdas rendszer (SBIRS high)** a jelenleg meglévő, a védelmi támogató program (*DSP – Defense Support Program*) keretén belül rendszerbeállított műholdas rendszert váltja le. Az új rendszer műholdjait – melyek a rajtuk lévő érzékelők segítségével elsősorban a korai riasztáshoz szolgáltatnak megfelelő adatokat a ballisztikus rakéták indításáról – *geoszinkron pá-*

---

<sup>4</sup> A ballisztikus rakéták felderítésére már a védelmi támogató program (*DSP – Defense Support Program*) keretében 1970-ben létrehozott, jelenleg még működő műholdas rendszer is alkalmazható. (A szerzők)

lyára (*GEO – Geosynchronous Earth Orbit*), illetve nagy magasságú, elliptikus pályájára (*HEO – Highly Elliptical Orbit*) állítják.

A tervek szerint a világ bármely részén indított ballisztikus rakétákat a gyorsító hajtóművek hője alapján érzékelő rendszer a végső kiépítésben négy geoszinkron és két nagy magasságú, elliptikus keringési pályájú műholdat fog tartalmazni. A rendelkezésre álló információk alapján a műholdakra telepített továbbfejlesztett, kétsávós infravörös érzékelők a rakétahajtóművek hőjének érzékelésén túl a hajtóművek kiégése után is képesek lehetnek a nagyobb méretű célok (teljes rakéta) követésére. Ez utóbbi lehetőség jelentőségét jól igazolja az a tény, hogy a pontosabb adatok alapján nagyobb pontossággal prognosztizálható a ballisztikus rakéták röppályája, és ebből következően a várható becsapódási pont is, vagyis pontosabban körvonalazhatók a szükséges ellentevékenységek. A rakétatest követésével mért adatoknak, illetve ezek hiányában a célpálya pontosabb prognosztizálásának köszönhetően a rakétavédelem aktív elemei olyan pontosságú információt illetve célmegjelölést kaphatnak a célokról, hogy a korábbiaknál lényegesen kisebb idő alatt lehetnek képesek a célkutatás, a célfelderítés, valamint követésre vétel feladatait végrehajtani. Más szavakkal ez azt is jelenti, hogy jobban biztosítható a fegyverrendszerek saját célkövető radarjainak, pontosabban azok képességeinek kihasználása. Márpedig ez egyértelműen azt eredményezi, hogy az ellenrakétákat korábban lehet indítani, tehát a célok megsemmisítése korábban és nagyobb távolságon történhet meg.

**Az alacsony pályára állított, infravörös érzékelőkkel felszerelt műholdas rendszer** (*SBIRS low*) – ami tulajdonképpen a *Brilliant Eyes* (ragyogó szemek) technológián alapuló űrmegfigyelő és rakétakövető rendszer (*SMTS – Space and Missile Tracking System*) továbbfejlesztéseként értékelhető – a detektált objektumokról az előzőnél lényegesen pontosabb adatok szolgáltatására képes az úgynevezett *alacsonypályás műholdakon* (*LEO – Low Earth Orbit*) elhelyezett érzékelők segítségével. A kis méretű, kis súlyú, és viszonylag kis költségű műholdak meghatározott konstellációjára alapozott rendszer akár önálló működésre is képes (*SoS - System of System*). Elsődleges célja, hogy a távolabbi jövő kihívásainak is megfelelően képes legyen a ballisztikus rakéták, illetve az azoknál lényegesen kisebb robbanófejek nagy pontosságú követésére – lehetőség szerint azok indításától a légkörbe való visszatéréséig – valamint a róluk szóló információk továbbítására a riasztás, a technikai felderítés, valamint a harcászati jellemzőinek meghatározásával kapcsolatos feladatok végrehajtásának biztosítása érdekében.

Az elvárások kielégítése érdekében a műholdakon az elektromágneses spektrum különböző sávtartományaiba tartozó hőkisugárzás észlelésére alkalmas szenzorok mellett a látható fény tartományában működő érzékelőket is elhelyeznek. A mind nagyobb pontosság elérése érdekében illetve a ballisztikus rakéták térbeli helyének meghatározására céljából a műholdak párban dolgoznak, és nem csak a földi irányítóállomással, de egymással is kommunikálnak.

A ballisztikus rakéták felderítését széles szögtartományú, az *infravörös hullámtartomány magasabb frekvenciáinak* érzékelésére képes (*SWIR – Short Wavelength Infrared*) szenzorok végzik. Az így felderített, vagy más műholdakról feladatként kapott célok megfigyelését ezután a keskeny szögtartományban működő, nagy pontosságú követőszensorok veszik át. Ezek az érzékelők képesek a hajtóművek működésének megszűnése után a rakéták, pontosabban a még „meleg” rakétatestek, sőt a röppálya későbbi szakaszán – a horizont feletti „hideg” űrháttér kontrasztját kihasználva – akár a lényegesen kisebb robbanófejek követésére is. A követőszensorok lehetnek a rakétákat nagyobb távolságban érzékelő,

az infravörös hullámtartomány közepes frekvenciáin működő (MWIR – Medium Wavelength Infrared) szenzorok valamint a röppálya későbbi szakaszán történő követést biztosító, alacsonyabb frekvenciákon működő infravörös (LWIR – Long Wavelength Infrared) érzékelők egyaránt. Ez utóbbi pályaszakaszon nagy szerepe lehet a látható fény tartományában működő, igen nagy érzékenységű szenzoroknak is.

A kutatási eredmények, illetve szakemberek állásfoglalása a szerint egy globális rendszer kiépítéséhez 28 műhold szükséges négy különböző keringési pályán, megfelelő konstellációban elhelyezve. Egy ilyen konfiguráció képes a ballisztikus rakéták indítását a világ bármely pontján felderíteni, és a megszerzett információkat néhány másodpercen belül a felhasználókhöz eljuttatni. Ez az úgynevezett korai észlelés túl azon, hogy több időt biztosít a már elindított rakéták megsemmisítésére, lehetővé teszi a ballisztikus rakéták indítási helyének pontos meghatározását, és ezáltal jelentősen megkönnyítheti a még el nem indított ballisztikus rakéták földön történő megsemmisítését is. A rendszer további előnye, hogy képes a földi radarokat nagy pontosságú, valós idejű információkkal, célmegjelölési adatokkal ellátni, így azok célkutatás nélkül, szinte azonnal végrehajthatják a támadó rakéták illetve rakétafejek felderítését. E lehetőség ismeretében bátran kijelenthetjük, hogy a megsemmisítő fegyverek földi radarjai nagy valószínűséggel nem fogják korlátozni a célok megsemmisítésének maximális távolságát. Mivel a radarok számára biztosított nagy pontosságú célmegjelölés lehetővé teszi a célok kutatás nélküli felderítését, ezért csökken a radarok teljes kisugárzási ideje is. Ennek természetes velejárójaként csökken az ellenség részéről a sugárforrások elleni önirányítású rakéták alkalmazásának lehetősége, ami a védelmi rendszer *túlélőképességének* (STO – Survive to Operate) növekedését eredményezi.

Az űrbázisú infravörös rendszer képességeit illetően végül célszerű kiemelni, hogy a rendkívül jó felbontóképesség következtében lehetővé teszi a célok, és a megsemmisítés járulékos törmelékeinek megkülönböztetését is, így az általa megszerzett információk felhasználhatók a tüzelés eredményességének értékelésekor.

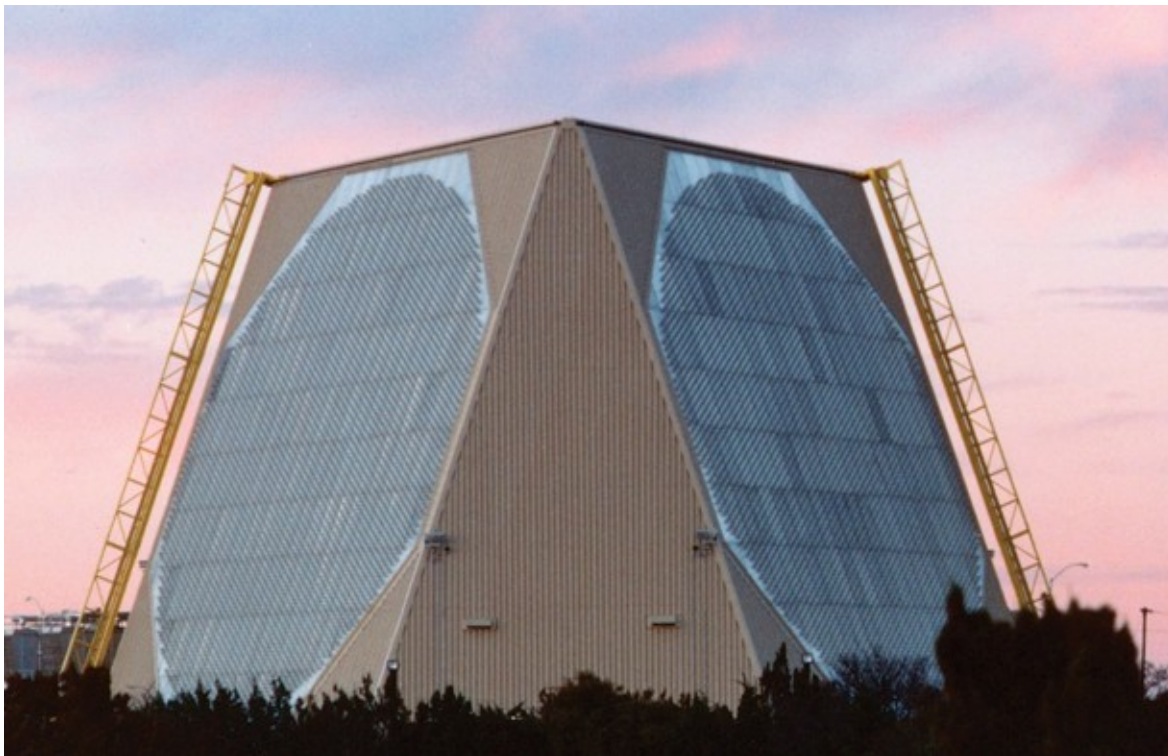
## 2.2. Földi bázisú felderítő és követő rendszer

A földi telepítésű felderítő és követőrendszer (GSTS – Ground-based Surveillance and Tracking System) a ballisztikus rakéták indításáról szóló értesítési adatok megkapása után kezdi meg működését. A rendszer alapját azok a földi telepítésű, nem mobil korai előrejelző radarok, pontosabban **továbbfejlesztett korai előrejelző radarok** (UEWR – Upgraded Early Warning Radar) képezik, amik az UHF sáv tartományban működve a támadó rakétákat nagy távolságban képesek felderíteni illetve követni. Az elnevezésben szereplő „továbbfejlesztett” kifejezés mindössze arra utal, hogy ezek az eszközök a már régebben is üzemelő előrejelző radarok korszerűsített változatai. A fejlesztés eredményeként az új radarok – az űrbázisú infravörös rendszertől érkező információk feldolgozása után kiadott célmegjelölési adatok alapján – igen rövid idő alatt képesek a támadó rakéták felderítésére. E képesség kifejlesztése mellett – egy meghatározott program szerinti célkutatást illetve légtér letapogatást végrehajtva – természetesen továbbra is megmaradt a célok önálló felderítésének lehetősége.

A javított működési jellemzőknek köszönhetően – beleértve a megnövelt követési pontosságot – a korszerű, fázisvezérelt rácsantenna szerkezettel rendelkező továbbfejlesztett korai előrejelző radarok nemcsak a még „egyben lévő” ballisztikus rakétákat, hanem azok leváló robbanófejeit és a megtévesztő célokat is képesek detektálni. Ebből következően minőségi változást eredményezhetnek a megsemmisítő eszközökkel (ellenrakétákkal)



történő tüzelés előkészítésében és végrehajtásában egyaránt. A nagy pontosságnak és a jó felbontóképességnek köszönhetően ezek az érzékelők kiválóan alkalmazhatók a hatáskörzetükön belül történő tüzelések illetve megsemmisítések megfigyelésére is. A vezetési pontokra továbbított felderítési adataik alapján reálisan értékelhető a tüzelések eredménye.

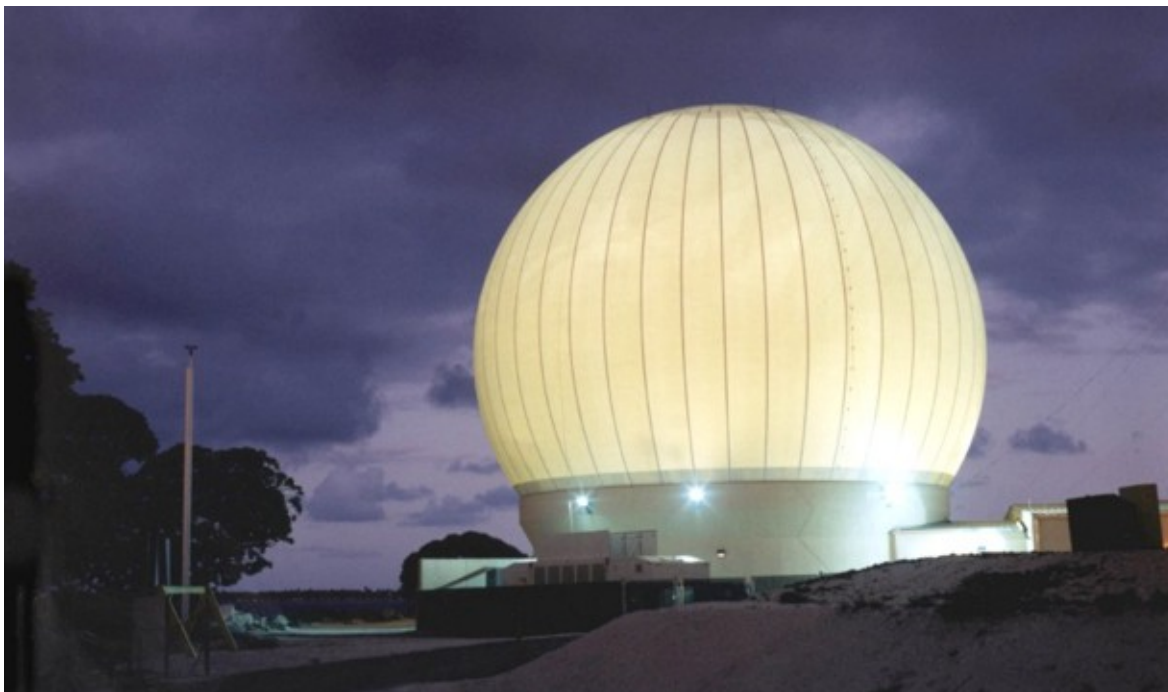


2. sz. ábra  
*Továbbfejlesztett korai előrejelző radar*

A földi telepítésű érzékelők rendszerében kiemelt jelentősége van a közelmúlt kutatási eredményei alapján kifejlesztett **X-sávú radaroknak** (*X-band radar*) is. Ezek az ugyancsak stacioner jellegű, fázisvezérelt antennarács-szerkezetű koherens impulzus radarok lehetővé teszik a ballisztikus rakéták kutatását, felderítését, követését, a valódi- és az álcélok megkülönböztetését, valamint a tüzelés eredményének értékelését egyaránt. Az igen magas működési frekvenciának és az alkalmazott különleges jelfeldolgozási módnak köszönhetően felbontóképességük olyan kiváló, amelyet a jelenlegi védelmi rendszer más érzékelői nem képesek biztosítani. A nagy felbontóképességből adódóan, elsősorban a valódi célok kiválasztásának elősegítése révén jelentős mértékben hozzájárulnak az ellentevékenység hatékonyságának növeléséhez.

Az elsősorban követőradarként funkcionáló X-sávú radar adó- és vevőantennájának iránykarakterisztikája rendkívül keskeny. Ennek megfelelően alapesetben – bár önálló célkutatásra is képes – más érzékelők adatai, pontosabban külső célmegjelölés alapján deríti fel a célokat. A célmegjelölési adatok az űrbázisú infravörös rendszertől és a továbbfejlesztett korai előrejelző radaroktól egyaránt származhatnak. Ez a korszerű berendezés a rendkívüli nyalábélesség következtében – annak ellenére, hogy a kisugárzott teljesítménye viszonylag alacsony – a célokat nagy távolságban képes detektálni. A rendelkezésre álló információk alapján például egy tipikusnak tekinthető rakétafej – minek hatásos radarvisszaverő felülete megközelítően egy teniszlabdányi méretű fémtesttel azonos – felderítési tá-

volsága akár 4000 km is lehet. Hangsúlyozni kell azonban, hogy a valódi- és az álcélok megkülönböztetése – éppen az alkalmazott különleges jelfeldolgozási módszer, pontosabban az ahhoz szükséges nagyobb jel-zaj viszony miatt – csak a maximális detektálási távolságnál lényegesen kisebb távolságban realizálható.



3. sz. ábra  
*Földi telepítésű, X-sávú radar*

Működési jellemzői következtében – a szenzorokra jellemző alapfunkciók mellett – a radar nem csak a célok osztályozására, hanem röppályájuk értékelésére is képes. A felderítési adatai alapján így – a további támadó rakéták indítását megelőző ellentámadás végrehajtásának megkönnyítése céljából – lehetővé válik a ballisztikus rakéták indítási pontjának a korábbiaknál lényegesen pontosabb „visszaszámolása”.

A szakértők számításai szerint egy, az észak-amerikai kontinensre kiterjedő rakétavédelmi rendszer igényeinek maradéktalan kielégítéséhez teljes kiépítésben kilenc földi telepítésű követőradar szükséges.

### 3. A FEGYVEREK

A ballisztikus rakéták megsemmisítésére szolgáló *fegyverek illetve fegyverrendszerek*, az érzékelőkhöz hasonlóan többféle platformon, az űrben, a földön, a tengeren és a levegőben egyaránt telepíthetők. Alkalmazásuk alapvető követelménye, hogy legalább akkora energiát legyenek képesek közölni a támadó rakétával, mint amekkora a rakéta illetve a robbanófej megsemmisítéséhez szükséges. Természetesen minél nagyobb a fegyverek találati pontossága, annál kisebb energia szükséges a megsemmisítéshez. Ezt a tényt szem előtt tartva a kutatások elsősorban a rakétafegyverek és a lézertechnológián alapuló irányított energiájú fegyverek fejlesztésére irányulnak.



### 3.1. A rakétafegyverek

A támadó ballisztikus rakéták megsemmisítésében jelentős szerepet kapnak a rakétafegyverek, amik a települési helyeik szerint földi, vízi és légi bázisúak lehetnek. Mivel alkalmazásukhoz, pontosabban a ballisztikus rakétákat megsemmisítő rakéták (továbbiakban ellenrakéták) célba juttatásához viszonylag nagy, a saját tömegükkel arányos energia szükséges, ezért a fejlesztések területén a hagyományosnak tekinthető repeszhatás elvén működő eszközök mellett a figyelem egyre inkább a közvetlen találattal, vagyis az ütközés mozgási energiájával megsemmisítő fegyverek (*HTK – hit-to-kill*) felé fordult. Ennek elsődleges oka, hogy a technológia alkalmazása révén jelentősen csökkenthető az ellenrakéták mérete, miáltal kisebb energia illetve kisebb hajtómű szükséges a célba juttatáshoz, vagy másfelől nagyobb hatótávolság érhető el azonos energiafelhasználás mellett.

Az általánosan elfogadott kategorizálás szerint a rakétafegyverek a megsemmisítés magasságtartománya szerint két csoportba, az úgynevezett alsó- és felsőrétegű védelem csoportjába sorolhatók. Az *alsórétegű (lower tier)* védelem kategóriájába azok a rakétafegyverek tartoznak, amelyek a ballisztikus rakétákat csak az *atmoszférán belüli (endoatmospheric)* magasságtartományban képesek megsemmisíteni. Ide sorolhatók a *Patriot*, a *MEADS (Medium Extended Air Defense System)*, és az *ARROW légvédelmi rakétarendszerek*, valamint a *NAD (Navy Area Defense) rendszer*.

A rakétafegyverek másik csoportját képező, a *felsőrétegű (upper tier)* védelmet biztosító megsemmisítő eszközök már rendelkeznek a támadó rakéták *atmoszférán kívüli (exoatmospheric)* megsemmisítésének képességével is. Az alkalmazott eszközök vonatkozásában azonban feltétlenül szólni kell azokról a nehézségekről, amik a támadó rakéták atmoszférán kívüli megsemmisítésének igényéből adódnak. Az egyik legnagyobb problémát az ellenrakéták kormányzása jelenti. Könnyen beláthatjuk, hogy a légritka térben illetve légkörön kívül a hagyományos aerodinamikai kormányzás nem alkalmazható. Ebből következően ezeknek a rakétáknak, pontosabban a végfázisban leváló megsemmisítő részeknek a találkozásra alkalmas röppályán tartása kisméretű rakétahajtóművekkel történik. Hasonló nagyságrendű megoldandó feladatot jelent az a körülmény is, hogy a nagy hatótávolságból adódóan ezek a rendszerek meglehetősen érzékenyek a kis tömegű álcélok illetve csapdacélok alkalmazására. Ebbe a kategóriába tartoznak a *GBI (Ground Based Interceptor)*, az *NTW (Navy Theater Wide)* és a *THAAD (Theater High Altitude Area Defense) rendszerek*.

#### 3.1.1. Az alsórétegű védelem eszközei

Az alsórétegű légvédelmi rakétafegyverek csoportjába tartozó **Patriot légvédelmi rakétarendszer** a ballisztikus rakétákat a visszatérő szakaszon megsemmisíteni képes, közepes hatótávolságú föld-levegő osztályú eszköz. A rakétafegyver a hatótávolságából következően kis kiterjedésű objektumok, körzetek oltalmazására szolgál. A félreértések elkerülése érdekében feltétlenül hangsúlyozni kell, hogy nem csak ballisztikus rakéták, hanem hagyományos repülőeszközök megsemmisítésére is képes. Ez, a gyakorlatban is több esetben már jól bevált, hatékony légvédelmi rakétafegyver – a fázisvezérelt antennarács által meghatározott szektorban – egy időben 7-9 cél ellen tud tevékenykedni, célonként maximum 2 rakéta rávezetésével. A rendszer fejlesztése során kiemelt figyelmet fordítottak a mobilitás képességére. Mivel a kerek járművekre telepített elemek légi úton is szállíthatók, ezért a fegyver a világ bármely részén viszonylag gyorsan alkalmazható.

A rendszert a változó fenyegetések és a gyakorlati tapasztalatok függvényében folyamatosan korszerűsítik. Mivel az alapverzió nem volt képes az elvárt hatékonysággal megsemmisíteni a támadó ballisztikus rakétákat illetve azok harci tölteteit, így néhány éves fejlesztés után rendszerbe állt a rakétafegyver *PAC-1 (Patriot Advanced Capability-1)*, majd *PAC-2* változata. A korszerűsítések révén az alapváltozat képességei elsősorban a ballisztikus rakéták elhárításában javultak, annak ellenére, hogy az új rendszer modernizált, *MIM 104C/D jelű ellenrakétája (GEM – Guidance Enhanced Missile)* még mindig a hagyományosnak tekinthető, a fedélzeti rádiógyújtó által a cél közelében robbantott repeshatású harci résszel rendelkezik.



4. sz. ábra  
*A Patriot légvédelmi rakétarendszer  
többfunkciós radarja*

A fejlesztés azonban nem állt le annak ellenére, hogy az 1996-ban rendszerbe állt *PAC-2* változat még napjainkban is a legelterjedtebb rakétafegyvernek tekinthető. A fejlesztők figyelme hamarosan a fegyverrendszer közvetlen találattal történő megsemmisítési képességének megteremtése felé fordult. A kutatások eredményeként igen rövid idő alatt, már 2002-ben megjelent a fegyverrendszer következő, *PAC-3 (Patriot Advanced Capability-3)* változata. A ballisztikus rakéták elleni képességeket tekintve az új rendszer 15 km-es hatótávolsággal, és 15 km-es hatómagassággal bír. A rendszer új, *MIM 104E jelű ellenrakétája (ERINT – Extended Range Interceptor)* a repülés kezdeti szakaszán rádióparrancs-távírányítással működik, majd a végfázisban aktív radaros önirányításra tér át. A

megnövelt manőverező képességű rakéta már olyan nagy pontosságú, hogy képes a közvetlen találatra is.<sup>5</sup> Ennek ellenére, a hatékonyság fokozása érdekében a ballisztikus rakéták, illetve harci tölteteik megsemmisítése kombinált hatással, vagyis az ütközés mozgási energiájával és a repeszhatású robbanótöltet segítségével történik. Mivel az új rakéta kisebb az elődjénél, így mintegy járulékos előnyként egy indítóállványon a korábbi 4 helyett 16 helyezhető el. Az új rendszer természetesen képes a régi és az új típusú rakétákat egyaránt felhasználni. Az elképzelések szerint a harcászati ballisztikus rakéták ellen a közvetlen találatot biztosító MIM 104E típusú rakétákat, míg a hagyományos légi támadóeszközök ellen a régebbi, hagyományos repeszhatású harci résszel rendelkező MIM 104C/D típusú rakétákat alkalmazzák.

Alapváltozatban a Patriot légvédelmi rakétarendszert egy törzs ütegből (HB – Headquarters Battery), és három-hat tűzalegységből (FB – Firing Battery) álló egység szintű – pontosabban zászlóalj (battalion) – szervezetben alkalmazzák. Az alegységek harctevékenységének vezetése az egység *információs és koordinációs központjáról* (ICC – *Information and Coordination Central*) történik. Ez a központ túl azon, hogy ellenőrzi és irányítja az alegységek tevékenységét, még koordinálja a szomszédos egységekkel való együttműködést és biztosítja az előjáró törzsszel való kapcsolattartást is. E központ részét képezi a tűz vezetését biztosító *tűzvezető központ* (FDC – *Fire Direction Center*) is. Az alárendeltekkel az automatizált információcserét egy speciális rádiórelé hálózat biztosítja.

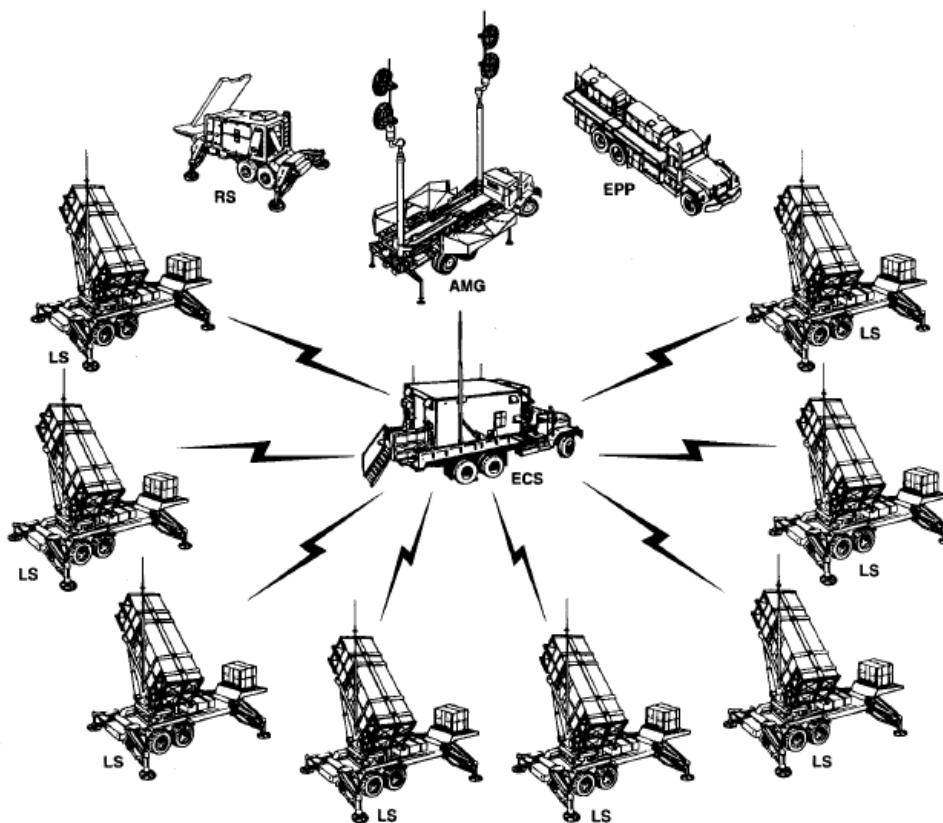
A tűzalegységek alapvető technikai eszközeit a *harcvezető állomás* (ECS – *Engagement Control Station*), a híradó összeköttetést biztosító *antennarendszer* (AMG – *Antenna Mast Group*), a többfunkciós *radarberendezés* (RS – *Radar Set*), az *elektromos energiát biztosító állomás* (EPP – *Electric Power Plant*) és a távolról irányítható, a tűzvezető állomástól maximum 40 km távolságra kihelyezhető 6-8 db *indítóállomás* (LS – *Launching Station*) jelentik. Alegység illetve üteg szinten tulajdonképpen a tűzvezető állomás az egyetlen olyan berendezés, ami állandó személyzetet (három fő) igényel. Ők végzik a magas fokon automatizált tevékenység felügyeletét, és szükség esetén beavatkoznak a folyamatokba. Az állomás egyidejűleg 100 cél adatainak feldolgozására képes. Tulajdonképpen ebben a központban illetve ebből a központból történik a fenyegetettség folyamatos értékelése, a tüzelés előkészítése, a megfelelő indítóállványok kijelölése, a rakéták indítása, és azok repülés közbeni irányítása egyaránt.

A fegyverrendszer alkalmazására vonatkozó elgondolások szerint – annak ellenére, hogy az alegységek képesek az önálló tevékenységre is – az ütegek a célok megsemmisítésére vonatkozó feladataikat a légvédelmi rakétaegység tűzvezető központjából (FDC) kapják. Jól demonstrálja a fegyverrendszer adottságait, hogy a fejlesztések eredményeként – a más rendszerekkel megvalósítható információcsere képességének megerősítésével – lehetővé vált az ütegek részére történő feladatszabás az egységen kívüli vezetési pontokról is. Ilyen vezetési pont lehet egy együttműködő légvédelmi rakéta egység tűzvezető központja, de lehet akár a felsőbb szintű vezetési pont is.

---

<sup>5</sup> Ezt a megoldást az utóbbi évek fejlesztési eredményei tették lehetővé, mivel a miniaturizálás révén sikerült jelentősen csökkenteni a rakéta tömegét, ugyanakkor biztosítani a megbízható önirányítást még bonyolult ellentevékenység esetén is. A manőverező képesség növelése céljából a rakéta aerodinamikai kormányzását kiegészítették a repülés végső fázisában alkalmazott gázdinamikai kormányzással, amit a rakéta elején, sugárirányban elhelyezett 180 db miniatűr hajtómű biztosít. (A szerzők)

Hasonló irányba, mármint a technikai eszközök interoperabilitásának fokozása irányába mutat az a képesség is, hogy a rádió-távírányítású indítóállomások nem csak a saját irányítóállomásról, hanem – a csapatmozgások időszakában, amikor a saját üteg tűzvezető állomása és radarja is mozgásban van – egy közelben települt másik Patriot üteg tűzvezető állomásáról is irányíthatóak. Ez a lehetőség túl azon, hogy kedvezőbb feltételeket teremt a fegyverrendszer technikai eszközeinek alkalmazhatósága terén, tovább növelheti a harcászati ballisztikus rakéták megsemmisítésére vonatkozó potenciális képességeket.



5. sz. ábra

*A Patriot tűzalegység technikai eszközei*

(forrás: FM 44-85, *Patriot Battalion and Battery Operations*, B-5)

Végül annak igazolására, hogy a fegyverrendszert elsősorban egy „nagy rakétavédelmi rendszer” részeként célszerű alkalmazni, szólni kell arról a lehetőségről, hogy a rakétavédelem hatékonyságának fokozása érdekében a Patriot légvédelmi rakétarendszert képesé tették az általa felderített, illetve követett támadó rakéta indítási pontjának pontos meghatározására is. A további rakétaindítások megakadályozása céljából ezeket az adatokat az előljáró vezetési pontra továbbítva, más erők bevonásával lehetőség szerint azonnal megkezdhető a ballisztikus rakéták indítóállásainak támadása.

Ugyancsak alsórétegű védelmet biztosít a **MEADS** (*Medium-range Extended Air Defense System*) néven ismertté vált, közepes hatótávolságú kiterjesztett légvédelmi rendszer, ami a támadó ballisztikus rakétákat röppályájuk visszatérő fázisában, 20 km magasság alatt képes megsemmisíteni. Ezt a rendkívül mozgékony föld-levegő osztályú rakéta-fegyvert – a kiemelt jelentőségű objektumok oltalmazása mellett – elsősorban nagy mobilitású csapatok védelmére célszerű alkalmazni.

A fegyverrendszer kifejlesztésének gondolata az Amerikai Egyesült Államokban már az 1980-as évek végén jelentkezett. Az igényeket megvalósító, *Corp SAM* nevet viselő fejlesztési programot, ami az eredeti elgondolások szerint a már elavultnak tekinthető *Hawk* típusú légvédelmi rakétafegyverek leváltását célozta, a szárazföldi hadsereg és a haditengerészet közösen gondozta. Mivel hasonló igények más NATO tagállamokban is megfogalmazódtak, így a fejlesztés 1995 óta nemzetközi (amerikai–60%, német–25%, olasz–15%) együttműködés keretében folyik. A legutóbbi információk szerint<sup>6</sup>, amennyiben minden a tervek szerint halad, a saját csapatokkal együtt mozgó és a megállás után szinte azonnal tüzelésre kész, *MEADS* névre átkeresztelt rendszer prototípusa a legkorábban 2003-ra, az első rakétaegység sikeres csapatpróbák utáni rendszerbe állítása pedig 2012-re várható. Mivel a szakirodalom<sup>7</sup> szerint a harcértéket illetően két Patriot üteg három *MEADS* tűzalegységgel lesz ekvivalens, így beválás esetén, hosszabb távon akár a Patriot rakétafegyvereket is leválthatja.

Képességeit tekintve a *MEADS*, mint közepes hatótávolságú lég- és rakétavédelmi rendszer, a tervek alapján alkalmazható lesz a hagyományosnak nevezhető légi támadóeszközök (pilóta által vezetett és pilótánélküli merev és forgószárnyas repülőeszközök, manőverező robotrepülőgépek) valamint a kis és közepes hatótávolságú ballisztikus rakéták megsemmisítésére egyaránt. Mivel a technikai eszközök várhatóan igen jó terepjáró képességű kerekes járműveken kapnak helyet, így nagyfokú mobilitásának és légi szállíthatóságának köszönhetően a rakétafegyver gyorsan bevezethető lehet a világ bármely részén, és jelentős szerepet kaphat a nagy mozgékonyságú erők folyamatos oltalmazásában.

A rendelkezésre álló információk alapján bátran kijelenthetjük, hogy elkészülte esetén a *MEADS* a világ legkorszerűbb légvédelmi rakétarendszere lehet, minek elsődleges zálogát az úgynevezett „*plug and fight*” (*csatlakoztass és harcolj*) technológia jelenti.<sup>8</sup> E nagyfokú modularitást igénylő képességnek köszönhetően a rendszer rugalmasan illeszthető valamennyi, a NATO-ban alkalmazott vezetési rendszerhez, és képes fogadni a rakétarendszeren kívüli szenzorok adatait is. Ez a rugalmasság természetesen áthatja magának a légvédelmi rakétarendszernek a hierarchiáját is. A rendszeren belüli megosztott hálózati struktúra lehetővé teszi, hogy az információk nem csak egy úton juthatnak el a célállomásra, így több kommunikációs csomópont kiesése sem okozhat információhiányt. E lehetőséget kihasználva – mivel minden egyes tűzalegység azonos modulokból épül fel – az egység harcvezetési központjának üzemképtelensége esetén bármelyik tűzalegység harcvezetési központja képes a teljes rakétaegység tevékenységének koordinálására.

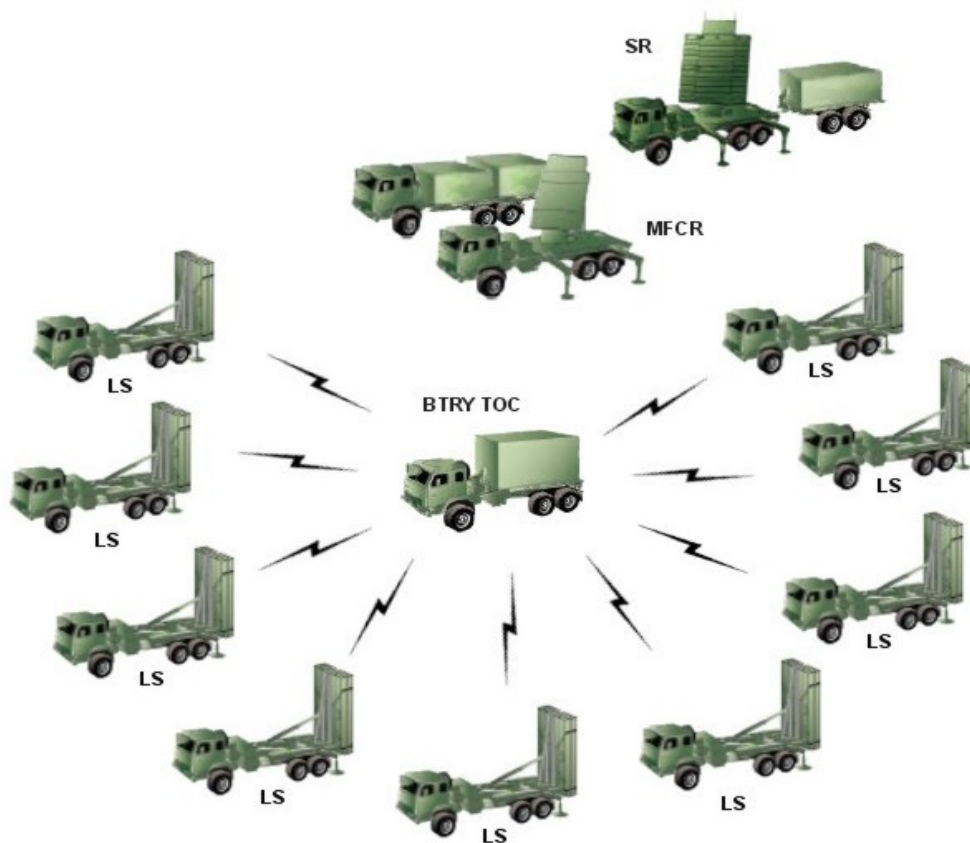
Az előzetes elgondolások szerint a *MEADS* a Patriot rendszernél már bevált szervezeti struktúra szerint épül fel. Alkalmazását ennek megfelelően egy törzsütegből (HB – Headquarters Battery), és három tűzalegységből illetve ütegből (FB – Firing Battery) álló, egység szintű szervezetben (zászlóalj) tervezik. A rakétaegység tevékenységének összehangolása a törzsüteg állományába tartozó egységsszintű harcvezetési központról (BN TOC

<sup>6</sup> *Medium Extended Air Defense System (MEADS), Missile Defense Agency, 7100 Defense Pentagon, Washington, D.C. 20301-7100, April 2003*

<sup>7</sup> *MEADS, Ein Erfolgsmodell für die transatlantische Kooperation, Soldat und Technik 11/2001*

<sup>8</sup> *Érdemes megfigyelni a számítástechnikában, napjainkban széleskörűen alkalmazott „plug and play” kifejezéssel való összecsengést, ami feltétlenül arra a tényre utal, hogy a rakétafegyver könnyen és majdhogynem korlátozás nélkül csatlakoztatható a már meglévő, működő védelmi rendszerekhez. (A szerzők)*

– *Battalion Tactical Operations Center*) történik. Minden egyes tüzalegység szervezetébe egy, az ütegek autonóm tevékenységét is biztosító *harcvezetési központ* (*BTRY TOC – Battery Tactical Operations Center*), egy UHF tartományban működő *felderítő radar* (*SR – Surveillance Radar*), egy X-sávú, *többfunkciós tűzvezető radar* (*MFCR – Multifunction Fire Control Radar*), és maximum 9 db *indítóállomás* (*LS – Launching Station*) – az állomásonkénti 8-8 db rakétával – tartozik.



6. sz. ábra

*A MEADS tüzalegység technikai eszközei*

(forrás: *Operational Test & Evaluation FY'99 Annual Report submitted to Congress February 2000*)

A fejlesztők tervei szerint a többfunkciós tűzvezető radar – a Patriot rendszerradarjától eltérően – a célok felderítésére, követésére és a rakéták irányítására 360 fokban lesz képes. A több célsatornás, igen nagy tüzerővel rendelkező rendszer a hagyományos légi járműveket repeszhatású harci résszel rendelkező rakétával, a ballisztikus rakétákat pedig – a Patriot PAC-3 változatához kifejlesztett ERINT rakétákat alkalmazva – közvetlen találattal semmisíti meg.

A ballisztikus rakéták támadásának elhárítása, pontosabban az arra való képesség mind hatékonyabb kifejlesztése kulcsfontosságú elemét képezi az izraeli hadsereg fejlesztéspolitikájának is. Amerikai fejlesztőkkel együttműködve már 1988-ban tervbe vették egy kifejezetten izraeli igényeknek megfelelő, korlátozott rakétatámadás ellen védelmet nyújtó elhárító rendszer kifejlesztését, ami a kis és közepes hatótávolságú ballisztikus rakéták megsemmisítésén túl, a hagyományos légi támadóeszközök elleni tevékenységre is képes.





7. sz. ábra  
A MEADS felderítő és tűzvezető radarberendezései

Mivel az Öböl-háború világszerte felgyorsította a rakétavédelmi fejlesztéseket, így az intenzív munka eredményeként létrehozott, az alsórétegű légvédelmi rakétafegyverek kategóriájába sorolható, **Arrow** nevet viselő légvédelmi rakétarendszer első változata igen rövid időn belül, már 1995-ben rendelkezésre állt. A projekt azonban nem ért véget. A döntéshozók eltökéltségét demonstrálva 1998-ban már a rakétafegyver továbbfejlesztett, *Arrow-2* elnevezésű változatát tesztelték, és a sikeres próbák után már 2000-ben rendszerbe állt az izraeli hadsereg első ilyen típusú rakétafegyverrel felszerelt zászlóalja is. Az izraeli szakemberek számvetései szerint hamarosan képesek lesznek az ország területének 85%-át<sup>9</sup> (!!!) oltalmazni a harcászati ballisztikus rakéták csapásaival szemben.<sup>10</sup>

A jelenlegi kiépítésben az *Arrow-2 fegyverrendszer (AWS – Arrow-2 Weapon System)* a csoportosan támadó, maximum 14 Mach sebességű, kis és közepes hatótávolságú ballisztikus rakéták megsemmisítésére – a napszaktól és az időjárási viszonyoktól függetlenül – 50-90 km közötti távolságon, 8-50 km-es magasság tartományban képes. Mivel a támadó rakéták megsemmisítése nem csak azok röppályájának végső, visszatérő szakaszán,

<sup>9</sup> Ez a szám rendkívül elgondolkodtató, különösen akkor, ha figyelembe vesszük azt a tényt, hogy a Magyar Légierő önerőből hazánk egyetlen négyzetcentiméterét sem képes megvédeni a ballisztikus rakéták fenyegetésével szemben. (A szerzők)

<sup>10</sup> Uzi Rubin: *Meeting the 'Depth Threat' in Iraq - The Origins of Israel's Arrow System*, Jerusalem Issue Brief Vol. 2., No. 19, Jerusalem Center for Public Affairs, March 5, 2003

hanem a középső fázisban is lehetséges, így a hatékony védelem még vegyi, biológiai, vagy nukleáris robbanófejjel rendelkező támadó rakéták alkalmazása esetén is biztosítható.

Egy Arrow-2 rakétaelhárító fegyverrel felszerelt zászlóalj (*Arrow Weapon System Battery*) egy időben 14 – egyes források szerint csak 12 – célra képes tevékenykedni, beleértve a felderítés, a követés, az elfogás és megsemmisítés fázisait egyaránt. A gyakorlati tapasztalatok alapján az esetek többségében minden egyes célra két-két rakéta indítható. A rakétafegyver megsemmisítési zónájának mélységére alapozva ugyanis amennyiben az első rakéta a céllal a felső magassághatár közelében találkozik, úgy a tüzelés eredménytelensége esetén esetlegesen szükséges második rakéta még mindig képes a támadó ballisztikus rakétát az alsó magassághatár felett megsemmisíteni.



8. sz. ábra  
*Az Arrow-2 légvédelmi rakétarendszer  
korai előrejelző és tűzvezető radarja*

A fegyverrendszer elemeit tekintve egy Arrow-2 rakétaüteg alapvető technikai eszközeit a radarállomás (*RS – Radar System*), a tűzirányító központ (*FCC – Fire-Control Center*), a kommunikációs központ (*CC – Communication Center*), az indítást irányító központ (*LCC – Launch Control Centre*) és az indítóállványok (4-8 db, állványonként 6 db rakéta) jelentik. Az elemek egy részét vontatható utánfutókon, más részét kerekes gépjárműveken helyezték el.

Az üteg harctevékenységének koordinálásáról a vontatható utánfutóra telepített tűz-irányítási központ (FCC) gondoskodik, ami a radarállomástól illetve az indítást irányító központból érkező információk mellett a külső forrásból (előljáró, műholdas szenzorok stb.) érkező adatok fogadására és feldolgozására is képes. Az automatizált működésű központban öt számítógépes munkahelyet alakítottak ki az űrbeli helyzet koordinátora (Sky Situation Coordinator), a felderítő tiszt (Intelligence Officer), a feladat-végrehajtást elemző tiszt (Post Mission Analysis Officer), az erőforrást menedzselő tiszt (Resource Officer) és a fegyverrendszer alkalmazását vezető tiszt (Senior Engagement Officer) – aki egyben a parancsnok is – számára.

A radarállomás információforrását egy félvezető alapú, aktív elemekből álló fázisvezérelt rácsantenna szerkezetű, L-sávban működő radar képezi. Ez az eszköz 500 km-es hatótávolságon belül még intenzív elektronikai ellentevékenység esetén is képes információkat szolgáltatni a légi támadóeszközökről – beleértve a támadó ballisztikus rakétákat is. A radar a korai riasztáshoz és a tűzvezetéshez szükséges információk biztosításán túl, a pontos célkoordináták alapján alkalmas a támadó rakéták várható becsapódási pontjának meghatározására is. A felderítőeszközön túl, külön járműveken elhelyezve, a radarállomáshoz tartozik még az energiaellátó berendezés (*power unit*), a hűtőrendszer (*cooling system*), valamint a radarirányító központ (*RCC – Radar Control Centre*).

A fegyverrendszer kerekesszállító gépjárműre telepített indítást irányító központja (FCC) és az utánfutókon elhelyezett indítóállványok az üteg rakétaindító szakaszának (*Missile Launch Platoon*) technikai eszközeit képezik. Az indítást irányító központ és a tűzirányító központ közötti rádiókapcsolat lehetővé teszi a rakétaindító szakasz távolabbi, akár 300 km-es távolságra történő kitelepítését is.

Az indítóállványokon a rakéták konténerekben vannak elhelyezve, így szállítás közben is biztosított a rakéták védelme. A rendszer kulcsfontosságú részét képező függőleges indítású, kétlépcsős, fókuszált repeszhatású robbanótöltettel<sup>11</sup> rendelkező irányítható rakéta szilárd üzemanyagú indítóhajtóművel rendelkezik. A közel 7 m hosszú, 80 cm átmérőjű rakéta indítási súlya 1300 kg. Az indítócső elhagyása illetve az indítóhajtómű leválása után a főhajtómű 2,5 km/s végsebességre gyorsítja fel a rakétát a cél megközelítését biztosító röppályán. A repülés kezdeti szakaszán inerciális, majd parancsirányítást, a végfázisban pedig önirányítást alkalmaznak. A rakéta kormányzása az úgynevezett *tolóerő-vektor vezérléssel* (*thrust vector control*) történik.

A rendszer természetesen a hagyományos légi támadóeszközök ellen is alkalmazható. Ebben az esetben az indított rakéták célravezetése aerodinamikai elven, a rakétatest első részén elhelyezett négy kormánylapát segítségével valósul meg.

Összességében értékelve: az Arrow-2 rendszer egyértelműen sikeresnek tekinthető. Jól demonstrálja ezt a megállapítást az a tény is, hogy légvédelmi rendszerének fejlesztésében több ország, köztük Nagy-Britannia, Törökország, Japán és India is potenciális eszközként kezeli.

---

<sup>11</sup> A hagyományos légvédelmi rakéták a célt nem közvetlen találattal, hanem egy kis nyílásszögű kúp mentén körkörösén szétrepülő repeszek sokaságával semmisítik meg. A fókuszált repeszhatású harci rész esetén – a repeszszűrűség növelése céljából – a repeszek körkörösén, hanem egy szűk szögterületre fókuszálva repülnek szét. Ennél a megoldásnál a korábbi, csak távolságot mérő rádiógyűjtő helyett egy háromdimenziós rádiógyűjtő határozza meg a harci töltet robbantásának pillanatát. (A szerzők)

Az alsórétegű védelem eszközrendszerét illetően szólni kell még az Amerikai Egyesült Államok **haditengerészeti területvédelmi rendszeréről** (*NAD – Navy Area Defense*), ami tulajdonképpen az *Aegis fegyverrendszer* (*AWS – Aegis Weapon System*) alkalmazásán alapul. Ez, a többrétegű rakétavédelem egyik elemét képező hajófedélzeti rendszer egy viszonylag kis kiterjedésű körzetben atmoszférán belüli rakétaelhárító képességet biztosít a haditengerészet számára. A teljes területvédelmi rendszert tulajdonképpen a haditengerészet *Aegis* rakétafegyverrel felszerelt hajói képezik, amik elsősorban Ticonderoga osztályú cirkálók és Arleigh Burke osztályú rombolók lehetnek.<sup>12</sup>



9. sz. ábra  
*Kísérleti indítás az Aegis rendszer  
SM-2 Block IV típusú rakétájával*

A fejlesztések során az Aegis fegyverrendszerhez az úgynevezett standard rakétacsalád (*SM – Standard Missile*) több típusát is rendszeresítették. Az első, *SM-1* elnevezésű típust az *SM-2* típus követte, minek több változatát is kifejlesztették. E még napjainkban is rendszeresített rakéták közül az *SM-2 Block III/IIIA/IIIB MR* (*MR – Medium Range*) típusú, közepes hatótávolságú rakéták alapvetően a hagyományos légi támadóeszközök ellen alkalmazhatók. Közelségi gyújtóval indított, fókuszált repeszhatású robbanótöltetük segítségével 40-90 tengeri mérföld (~75-170 km) hatótávolságig biztosítják a hagyományos légi támadóeszközök megsemmisítését. Az elmúlt két évtizedben ezzel a változattal már több mint száz tüzelést hajtottak végre. Ezek a tüzelések a gyakorlatban is jól bizonyították, hogy ez a rakéta igen nagy hatékonysággal képes a helikopterek, a repülőgépek és a cirká-

---

<sup>12</sup> *United States Navy Fact File: Standard Missile, US Naval Sea Systems Command (OOD), Washington, D.C. 20362, 11 October 2002*



lórakéták megsemmisítésére, azok repülési magasságától és sebességétől függetlenül, még szélsőséges időjárási körülmények és intenzív zavarviszonyok között is.

Az igények azonban egyre fokozottabban követelték a ballisztikus rakéták elleni képességek megteremtését, amit az *SM-2 Block IV/IVA ER (ER – Extended Range)* típusú rakéták tettek lehetővé. A korszerűsítés során több változtatást is végrehajtottak. Ezek közül a változtatások közül a legjelentősebb az volt, hogy az eredetileg félaktív radaros önirányítású rakéta önirányító fejét kiegészítették az infravörös tartományban működő érzékelővel is. Természetesen e multi-szenzoros képességnek megfelelően módosították az önirányító fej követési módját, és továbbfejlesztették a célpont kiválasztásának módszerét is. Ez a megnövelt képességű változat már 100-200 tengeri mérföld (~185-370 km) hatáskörzetben biztosítja a hagyományos légi támadóeszközök elleni tevékenység lehetőségét és 20 km felső magassági határral képes a ballisztikus rakéták megsemmisítésére is. Ez utóbbi képességet először az 1997-ben végrehajtott sikeres próbálövészet igazolta.

A rakéták fejlesztése azonban még jelenleg is folyamatban van, és napjainkban már az SM-3 típus tesztelése folyik. Ennek az új típusú rakétának a rendszerbeállása esetén azonban az Aegis légvédelmi rendszer már „túlno” az alsórétegű védelem határain.

A ballisztikus rakéták elleni képességek megteremtése azonban nem csak a rendszerített rakéták korszerűsítését igényelte. A több éves fejlesztési program során megnövelték az Aegis rendszer „szemét” jelentő, többfunkciós, többcsatornás, fázisvezérelt antennarács-szerkezetű AN/SPY radar hatótávolságát, és alkalmassá tették a nagy helyszögön érkező célok felderítésére és követésére. A korszerűsítés eredményeként ez a nagy teljesítményű radar képesé vált a támadó ballisztikus rakéták megfelelő távolságon történő automatikus felderítésére, és követésére, valamint a rakétairányítás szükséges pontosságú végrehajtására.

A haditengerészeti területvédelmi rendszer létrehozása, illetve az Aegis légvédelmi rendszer korszerűsítése még napjainkban is folyamatban van. Az eredeti elképzelések szerint, ezzel az eszközzel 2003 végére közel félszáz hajóegység ellátását irányozták elő.

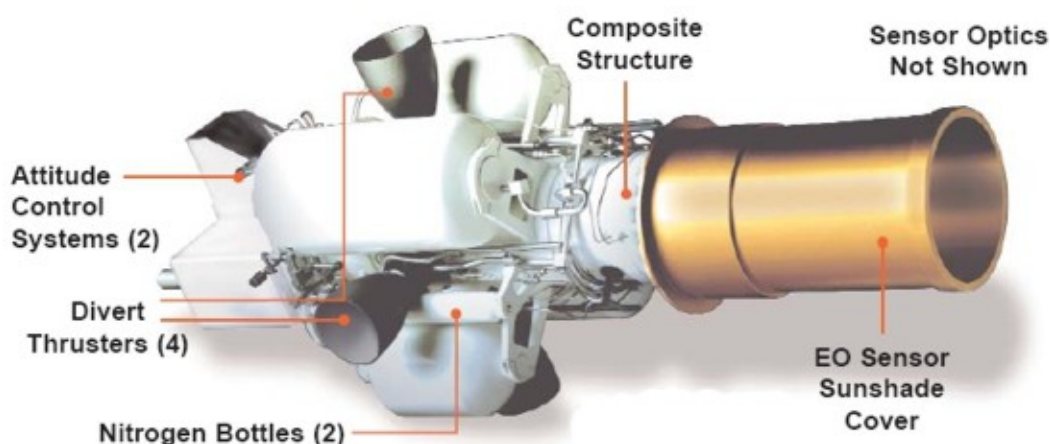
### **3.1.2. Az felsórétegű védelem eszközei**

A felsórétegű védelem eszközrendszerének, vagyis az atmoszférán kívüli megsemmisítés képességével is rendelkező eszközök „legöregebb” képviselői az Amerikai Egyesült Államok **földi bázisú ellenrakétái** (*GBI – Ground Based Interceptor*). Ezek a rakéták közvetlen találattal, vagyis az ütközés során keletkezett energiával semmisítik meg a támadó ballisztikus rakétákat.

Az indításra felkészített rakétákat a tüzelőállások védett indítóállásaiban, föld alatti silókban helyezik el. A silókon kívül a tüzelőállások részét képezik még a különféle kommunikációs és kiszolgáló létesítmények, a rakétatároló építmények valamint a *fegyverzet-támogató rendszer* (*WSS – Weapon Support System*), ami a felsőbb szintű vezetési szinttel való kapcsolatot biztosítja. A kapott parancsok alapján irányítja a kijelölt rakéták indításának előkészítését, meghatározza a célmegközelítési útvonal adatait és az indítás pillanatát, majd a szükséges adatokat a rakéta fedélzeti számítógépébe továbbítja.

Az indítás után a kétfokozatú szilárd üzemanyagú gyorsító hajtómű a szükséges, megközelítően 3 km/s sebességre gyorsítja a rakétát, ami az indítás előtt beprogramozott pályaprofilon repülve közelíti meg a célt. A rakéta meghatározott pályán tartásához szükséges manővereket a tolóerő-vektor irányának megváltoztatásával biztosítják.

A repülés következő szakaszán, vagyis a gyorsító hajtóművek leválása után működésbe lép a rakéta *atmoszférán kívüli megsemmisítő része (EKV – Exoatmospheric Kill Vehicle)*.<sup>13</sup> Ez, a mintegy 50 kg tömegű, és 1 m hosszú pusztító rész magába foglalja az infravörös és a látható fény tartományában működő nagy érzékenységű szenzorokat, a szenzorok üzemi hőmérsékletét biztosító hűtőegységet, a fedélzeti számítógépet, a kommunikációs egységet, a folyékony üzemanyagú hajtóműveket és azok üzemanyag tartályait. Működését tekintve a kommunikációs rendszer veszi a vezetési pont által kidolgozott információ csomagokat, majd átalakítja azokat a számítógép által feldolgozható formába. A miniatűr fedélzeti számítógép tulajdonképpen a teljes folyamatot vezérli. Összehangolja az elemek működését, értékeli a kommunikációs egységtől, a szenzoroktól és a megsemmisítő eszköz többi elemétől érkező adatokat, és a kapott adatok alapján kidolgozza a rakéta irányításához szükséges parancsokat.



10. sz. ábra

Az ellenrakéta atmoszférán kívüli megsemmisítést biztosító része  
(forrás: Exoatmospheric Kill Vehicle, Raytheon Company, EKV Program  
Office, Tucson, Arizona, 2003)

Az önravezető fej a földről kapott információk alapján elfogja, majd követi a kijelölt célt. Ettől a pillanattól kezdve a megsemmisítő eszköz önmagát irányítja a célra. Helyzetének és sebességének megváltoztatása négy sugárirányban erőt kifejtő, és négy, a hossztengety körüli elfordulást elősegítő folyékony üzemanyagú hatómű segítségével történik. A különlegesen gyors, sebesség és helyzet szerinti manőverező rendszere segítségével ez az atmoszférán kívüli, légüres térben mozgó megsemmisítő eszköz olyan manőverek végrehajtására képes, ami igen nagy közeledési sebesség esetén is biztosíthatja a közvetlen találatot. Pontosságára jellemző, hogy – elsősorban a miniatürizálásnak illetve az abból adódó súlycsökkenésnek köszönhetően – képes a támadó rakéta fejrészének bármely részét cm-es pontossággal eltalálni.

A rakéta megsemmisítő részével való kapcsolat természetesen az önirányítás alatt sem szűnik meg. A földi vezetési központ folyamatosan figyelemmel kíséri mind a támadó

<sup>13</sup> Az alkalmazott technológia kidolgozása már korábban megtörtént az úgynevezett „kis tömegű, atmoszférán kívüli lövedék” program (LEAP – Lightweight Exoatmospheric Projectile) - keretében. (A szerzők)



ballisztikus rakéta, mind az ellenrakéta röppályáját, és szükség esetén a megfelelő információs csomagok fedélzetre továbbításával beavatkozik. Mivel a szimulációs kísérletek során bebizonyosodott, hogy nem minden ütközés jár szükségképpen a cél megsemmisítésével ezért lehetőség szerint a megsemmisítés valószínűségének növelése érdekében egy célra több ellenrakétát célszerű indítani.<sup>14</sup>

A felsőrétegű védelem eszközrendszerében, elsősorban a mobilitásából adódóan jelentős szerepe van az ugyancsak amerikai fejlesztésű **hadszíntéri nagy magasságú területvédelem** (THAAD – Theatre High Altitude Area Defense) rendszerének. Tulajdonképpen ez az első olyan, a ballisztikus rakéták elhárítására szolgáló védelmi rendszer, minek létrehozását kimondottan a hadszíntéri védelem céljából tervezték. Ennek megfelelően a rendszer célja, hogy a ballisztikus rakéták atmoszférában és az atmoszférán kívül történő megsemmisítésével biztosítsa az adott hadszíntéren lévő létfontosságú katonai objektumok, csapatcsoportosítások és települések védelmét a támadó rakéták fenyegetésével szemben.

A napjainkban már igen előrehaladott stádiumban lévő rendszer fejlesztése – tulajdonképpen az 1991-es Öbölháború által generáltan – már 1992 óta folyik és tervek szerint a rendszeresítés 2007-re várható. A nagyfokú mobilitás, a légi úton történő szállíthatóság lehetőségének megteremtése érdekében a fejlesztők az egyes elemek tömegével és méreteivel szemben szigorú követelményeket támasztottak, minek következtében a mai rendszerekhez képest jelentős súly és méret csökkenést értek el. A gépjárműveken illetve speciális, vontatható utánfutókon elhelyezett elemek mindegyike szállítható repülőgépen, hajón és vasúton egyaránt, így a rendszer gyorsan bevethető a világ bármely pontján mind az amerikai, mind a szövetséges erők illetve veszélyeztetett lakosság védelme céljából.

A tervek szerint a rendszer maximális megsemmisítési távolsága 200 km lesz, ami a 40 km-től 170 km-ig terjedő megsemmisítési magasságtartomány mellett egyértelműen biztosíthatja a tömegpusztító robbanófejjel ellátott ballisztikus rakéták elleni védelmet is.

A szervezetet tekintve egység szinten a „már jól bevált” zászlóalj (battalion) illetve azon belül az egy törzsűteg (headquarters battery) és négy tűzalegység (firing batteries) felépítést tervezik. A zászlóalj személyi állományának létszáma az előzetes elgondolások szerint összesen 638 fő (tűzütegenként 122 fő) lesz.

A technikai eszközöket illetően a törzsűteg szervezetébe egy, a harctevékenységet vezetését és irányítását végző, *egység szintű vezetési eszköz (BMC<sup>3</sup>I unit)* és két, *I és J sávban működő, fázisvezérelt antennarácscsal felszerelt földi bázisú, radar (I/J-band Ground Based Radar)* tartozik. A tűzalegységek vezetéstechnikai eszközeit ütegenként egy fő és egy tartalék *harctevézési központ (TOC – Tactical Operations Center)* és egy, *az X sávban működő, fázisvezérelt rácsantennájú, többfunkciós, földi bázisú radar (X-band Ground Based Radar)*<sup>15</sup> jelenti. Minden egyes tűzalegységhez 9 db *önjáró indítóállvány (launcher)* és 144 db *szilárd hajtóanyagú rakéta* tartozik. Egy indítóállványról 10 db, konténerben elhelyezett rakéta indítható. A harcmezőn végrehajtható, mintegy 30 perces rakéta újratöltési

---

<sup>14</sup> *Director operational test and evaluation report in support of NMD deployment readiness review, Department of Defense Office of General Counsel, Washington D.C. 20301-1600, 10 August 2000.*

<sup>15</sup> *Ez a többfunkciós, fázisvezérelt antennarácscsal felszerelt, X sávban működő radar, az alkalmazott forradalmian új megoldások miatt a radarok új generációját képviseli. A szakértők elképzelések szerint, a későbbiekben ez a radartípus képezheti az alapját a rakétavédelemben alkalmazott más rendszerek radarjainak is. (A szerzők)*

képességgel rendelkező, rádió útján távolról is irányítható indítóállványok a tűzalegység radarjától több 10 km-es távolságra is telepíthetőek. Saját generátoruk segítségével képesek az indítóállványon lévő rakéták elektromos energiával való ellátására.



11. sz. ábra  
*A hadszíntéri nagy magasságú területvédelmi rendszer  
indítóállványa*

A légvédelmi rakétaszázlőalj különlegesen megerősített konténerben elhelyezett vezetési eszközét (központját) egy nagy mobilitású, többkerekű járműre (*HMMWV – High Mobility Multi-Wheeled Vehicle*) telepítették. Célszerű kiemelni, hogy az egységesítésre irányuló törekvések eredményeként a berendezés a lehetséges igényeket figyelembe véve összekapcsolható a hadszíntér más elemeivel (műholdra telepített szenzorok, légi vezetési pontok, más rakétavédelmi rendszerek stb.), így az úgynevezett összhaderőnemi harcászati információ elosztó rendszer (*JTIDS - Joint Tactical Information Distribution System*) részét is képezheti.

A rendszer a tüzelést egy rakétával hajtja végre. A 6,2 m hosszú, 900 kg tömegű, szilárd üzemanyagú gyorsító hajtóművel rendelkező rakéta még indítás előtt megkapja a célról szóló információkat, valamint a várható találkozási pont adatait. Indítás után a rakéta a röppálya kezdeti szakaszán inerciális irányítással repül, majd távirányításra tér át. A repülésnek ezen a szakaszán a repülési irány megváltoztatása a többfunkciós földi radartól kapott parancsok alapján a tolóerő-vektor irányának megváltoztatásával (*thrust vector control*) történik. A repülés végső fázisában, nem sokkal a találkozás előtt leválik a rakéta megsemmisítő része (*KV – Kill Vehicle*). A még hátralévő viszonylag rövid röppályaszakaszon ez, a megközelítően 2,8 km/s sebességre felgyorsított szerkezet, saját infra-szenzora

segítségével önmagát vezeti a célra. A röppálya szükség szerinti megváltoztatásáról és a közvetlen találat biztosításáról az úgynevezett *irány és magasság szerinti vezérlőrendszer* (DACS – *Diver and Altitude-Control System*) illetve 4 db sugárirányú, folyékony üzemanyagú hajtómű gondoskodik. A rendszer megsemmisítési zónájának méretei biztosítják az ismételt tüzelés lehetőségét is.

A fejlesztés eddigi eredményességét igazolja, hogy a szakemberek többsége már napjainkban is egyetért abban, hogy rendszerbeállása esetén a *hadszíntéri nagy magasságú területvédelmi rendszer* – elsősorban nagy mobilitásának és az alkalmazott korszerű technológiának köszönhetően – várhatóan jelentős változásokat indukál a légvédelem szerepét és alkalmazási koncepcióját illetően egyaránt.

A mobilitás, a föld bármely pontján történő bevethetőség, a támadó rakéták indítási helyeihez minél közelebbi megsemmisítés igénye azonban nem csak a földi telepítésű, hanem a hajófedélzeti eszközöket illetően is megfogalmazódott. Az Amerikai Egyesült Államok haditengerészetével szemben támasztott követelmények egyre inkább sürgették egy olyan, a hadszíntéri méretű képességekkel bíró légvédelmi rendszer létrehozását, ami a ballisztikus rakéták megsemmisítését azok emelkedő fázisában és az atmoszférán kívüli pályaszakaszon is biztosítja. E képesség megteremtése céljából a **haditengerészet hadszínterre kiterjedő rendszerének** (NTW – *Navy Theater Wide*) programja 1996-ban az amerikai rakétavédelmi program egyik fő elemévé vált. A munka intenzitására jellemző, hogy a rendszer megvalósíthatóságát vizsgáló első kísérletek már 1999-ben megtörténtek, és az eredmény egyértelműen pozitív volt. Az akkori tervek szerint 2010 és 2020 közötti rendszerbeállítást irányoztak elő.

Ez a nagy gyorsaság persze azzal is magyarázható, hogy ez a hajófedélzeti, hadszínterre kiterjedő védelmi rendszer tulajdonképpen a haditengerészeti területvédelem rendszerének (NAD), pontosabban az annak alapját képező Aegis légvédelmi rendszer képességeinek kiterjesztésén alapult. Az elképzelések szerint a tervbe vett új rendszer a ballisztikus rakéták megsemmisítését 80 km-es magassághatár felett (!) fogja biztosítani. Ezzel a képességgel azonban rendelkezni fog a támadó rakéta röppályának az emelkedő, középső és süllyedő szakaszán egyaránt.

A megvalósítás céljából mindenképp az Aegis rendszer, standard rakétacsaládjának korszerűsítését irányozták elő. Az új rakéta megjelölésére – mint azt a NAD rendszernél az előzőekben már említettük – az SM-3 típusjelzést alkalmazták. A tulajdonképpen háromfokozatú, függőleges indítású rakéta első két fokozata gyorsító fokozat, ami a harmadik fokozatban, orrkúppal védetten elhelyezett, úgynevezett *kinetikus harci fejet* (KW – *Kinetic Warhead*) 4,5 km/s sebességre képes felgyorsítani. Ez a kompozit anyagból készült, kistömegű, de igen nagy sebességű exoatmoszférikus lövedék – miután a többfunkciós hajófedélzeti radar rádióparancsokkal célra vezette – elfogja a célt, és a végfázisban infra önirányítással repül. A szükséges manővereket az önirányító fej számítógépe által kidolgozott parancsoknak megfelelően, miniatűr hajtóművek segítségével hajtja végre. A támadó ballisztikus rakéták vagy robbanófejek megsemmisítése közvetlen találattal, az ütközés mozgási energiájával történik.

Az Aegis rendszer képességeinek kiterjesztése természetesen az AN/SPY célfelderítő és követő radarok jelentős továbbfejlesztését is igényelte. Ezek a korszerűsített, a radarok új generációját képviselő szélessávú, szintetikus apertúrájú eszközök igen jó távolsági- és szögfelbontó képességgel rendelkeznek, és nem csak egy szektorban, hanem körkörös,

360 fokban képesek tevékenykedni. A rendkívül nagymennyiségű számítás megfelelő idő alatt történő elvégzését egy különleges jelfeldolgozó processzor biztosítja.

Az új rendszernek azonban van egy ténylegesen soha ki nem mondott problémája, ami abból adódik, hogy az SM-3 rakéták kizárólagos alkalmazása esetén a támadó rakétákat csak 80 km-es magassághatár felett képes megsemmisíteni. Mivel ezt a magasságot nagy valószínűséggel csak a 400 km-nél nagyobb hatótávolságú ballisztikus rakéták érik el, így az ennél kisebb hatótávolságú eszközök már eleve nem lehetnek a célpontjai. Talán ezzel is magyarázható, hogy a legújabb információk szerint a haditengerészeti területvédelmi rendszer (NAD) fejlesztési projektjét a továbbiakban nem önállóan, hanem a hadszíntérre kiterjedő rendszer (NTW) fejlesztési projektjének részeként kezelik, és a két fejlesztést *Aegis ballisztikus rakétavédelmi program (Aegis Ballistic Missile Defense Program)* néven futtatják tovább.<sup>16</sup>

### 3.2. Lézerfegyverek

A ballisztikus rakéták elleni tevékenység másik irányvonalát az *irányított energiájú fegyverek (DEW – Directed Energy Weapons)* kategóriájába tartozó lézerfegyverek kifejlesztése, és alkalmazása jelenti.<sup>17</sup> Ezek az eszközök – annak ellenére, hogy hagyományaik tekintetében a rakétafegyverekhez viszonyítva lényegesen kisebb múlttal rendelkeznek – jelentőségüket tekintve semmiben sem maradnak el az aktív védelem más fegyvereitől. Ennek elsődleges okaként talán azt az elvárást lehet megjelölni, miszerint a támadó ballisztikus rakétákat – különösen a tömegpusztító fejjel felszerelt rakétákat – röppályájuk lehető legkorábbi szakaszán kell megsemmisíteni. Ebben az esetben ugyanis a sikeres megsemmisítés után a roncsok nem a saját csapatokra illetve területekre, hanem az ellenségre hullanak vissza és ott fejtik ki romboló, pusztító hatásukat. A ballisztikus rakéták gyorsítási szakaszon történő megsemmisítése azonban további előnyökkel is jár. Ebben a repülési tartományban ugyanis a rakéta még „egyben” van, nem vált szét a rakétatörzs a fejrésztől, illetve a fejlettebb rakéták esetén a fejrész nem vált szét több harci részre. Márpedig ez azt jelenti, hogy egy, a gyorsítási fázisban történő sikeres megsemmisítéssel kiválthatunk több, esetleg több tíz a középső illetve a végső fázisban szükséges tevékenységet.

A lézerfegyverek jelentőségét tovább növeli még az a tény is, hogy nem csak a ballisztikus rakéták, hanem más célpontok ellen is alkalmazhatók és tevékenységi idejük gyakorlatilag elhanyagolható. A célpontok megsemmisítéséhez ugyanis – azok felderítése és elfogása után – az energia a terjedési sebessége következtében mindössze a lézerenergiával történő pusztításhoz szükséges 3-5 másodperces megvilágítási időre van szükség.<sup>18</sup>

Nem véletlen tehát, hogy a figyelem nagyon hamar a lézerfegyverek irányába fordult, annak ellenére, hogy a támadó rakéták gyorsítási szakaszán megvalósított védelem az

---

<sup>16</sup> *United States Navy Fact File: Standard Missile, US Naval Sea Systems Command (OOD), Washington, D.C. 20362, 11 October 2002*

<sup>17</sup> *A lézer a fényforrások egy speciális típusa. Neve, az angol laser betűszó a Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (fénykibocsátás indukált emisszióval) kifejezés rövidítése, ami a lézerfény létrejöttének sajátos körülményeire utal. (A szerzők)*

<sup>18</sup> *Ellenrakéta alkalmazása esetén – 200-300 km hatótávolságot és 3-5 km/s repülési sebességet feltételezve – a tevékenységi idő még abban az esetben is több 10 másodpercig tartana, ha az ütközés mozgási energiájával pusztító eszköz indítása valamilyen, arra alkalmas repülőeszköz fedélzetéről történne. (A szerzők)*

előnyök mellett, komoly nehézségekkel is párosul. Az egyik, és talán a legkritikusabb problémát az jelenti, hogy a ballisztikus rakétáknak ez a repülési szakasza igen rövid ideig, mindössze 1-2 percig (interkontinentális ballisztikus rakéták esetén maximum 4 percig) tart. Márpedig ez a tény, azzal a körülménnyel párosulva, hogy – a napjainkban rendelkezésre álló lézerfegyverek korlátozott hatótávolsága miatt – a feladatot nagy valószínűséggel az ellenség közelében kell végrehajtani, jelentősen behatárolja az ellentevékenységek lehetőségét.

A lézerfegyverek alkalmazására, azok hordozói tekintetében több lehetőség is kínálkozik. A jelenleg is folyamatban lévő fejlesztések azonban elsődlegességet biztosítanak a repülőgép-fedélzeti lézereknek, így azok rendszerbeállítása a tervek szerint már 2007-re várható. Ennek ellenére – elsősorban azért, mert a lézerfegyvert hordozó repülőgépek alkalmazása több nehézséggel is jár – a szakemberek álláspontja alapján a végső megoldást a műholdra telepített lézerfegyverek jelenhetik. Magától értetődik tehát, hogy ezen a területen is intenzív kutatások és fejlesztések folynak. Ennek megfelelően az első, a teljes rendszert (beleértve a szenzorokat, a vezetési eszközöket, és a műholdra telepített lézerfegyvereket is) felölelő műholdas kísérletre már a következő évtizedben sor kerülhet.

### **3.2.1. Repülőgép-fedélzeti lézer**

A repülőgép-fedélzeti lézerfegyver (ABL – Airborne Laser) létrehozását célzó elképzelések az 1980-as évek közepe óta szerepelnek az Amerikai Egyesült Államokban folyó fegyverkezési tervek között. A kezdetben a légierő fejlesztési programjában szereplő projekt fontosságát jól mutatja, hogy az Öböl-háború után megváltozott szemléletmód következtében 1996 óta a nemzeti rakétavédelmi kutatások részét képezi. Az elszántságnak és a munkák eredményességének köszönhetően már a 2002-ben végrehajtott sikeres kísérletek bebizonyították, hogy a lézerfegyverek fejlesztése a végső szakaszba került. Amennyiben a fejlesztés a továbbiakban is a tervek szerint halad, úgy az első repülőgép fedélzeti lézer már 2007-ben hadműveleti szolgálatba léphet.

A fejlesztés során a szakértőknek három kulcsfontosságú probléma megoldásában sikerült jelentős előrehaladást elérniük. Az *első probléma* megoldásaként mára már rendelkezésre áll a repülőgép fedélzetére telepíthető, megfelelő teljesítményű, méretű és tömegű lézer. A több megawattos energiát kémiai lézerrel állították elő. A *második problémát* az energia atmoszférában való terjedési jellemzői, vagyis a lézersugár ennek következtében fellépő torzulása illetve az energia szóródása okozta, ami jelentősen befolyásolta a fegyver hatótávolságát. A megoldást egy speciális, sok ezer darab számítógéppel vezérelt mozgatható mechanikai elemből álló tükörrendszer létrehozása jelentette. E berendezés segítségével – ami lehetővé teszi a tükör alakjának változtatását – a lézersugár fókuszálása a célzó pont és a célpont közötti közeg jellemzőitől függően változtatható. A *harmadik problémát* a lézersugár rendkívüli pontosságot igénylő célon tartása jelentette. Talán nem igényel kü-



lön magyarázatot, hogy milyen nehéz feladat egy repülőgép fedélzetéről, egy esetleg több száz kilométer távolságon, igen nagy sebességgel mozgó cél követése. A problémát a fejlesztőknek egy speciális követőrendszer létrehozásával sikerült megoldaniuk.

A repülőgép-fedélzeti lézerfegyver hatótávolságát illetően a szakirodalomban egymástól eltérő adatok jelennek meg. Egyes publikációk 200, mások 300 km hatótávolságról szólnak. Azonban az eltérő adatoktól függetlenül, a ballisztikus rakéták sikeres megsemmisítése érdekében a hordozó repülőgép – ami a Boeing 747 repülőgép speciálisan erre a célra létrehozott, szélesebb testű, 747-400 Freighter<sup>19</sup> elnevezésű változata – repülési útvonalát úgy kell kijelölni, hogy a támadó rakéták várható indítási helye a lézerfegyver hatótávolságán belül legyen. Az elgondolások szerint 10000 km repülési magasságon, vagy a felett őrzőrepülőgép kezelőállománya négy fő: a parancsnok, a főpilóta, a másodpilóta és a fegyverkezelő.



12. sz. ábra  
*A lézerfegyvert hordozó Boeing 747-400F repülőgép*

A lézerrel felszerelt, YAL-1A<sup>20</sup> típusjelű repülőgép jelenleg prototípus stádiumban van. A fedélzetére telepített fegyver saját felderítő eszközzel rendelkezik, de képes külső információforrások célmegjelölési adatait is fogadni. Amennyiben a fedélzeti érzékelő rakétaindítást észlel, meghatározza a cél helyét, majd a koordinátákat átadja fedélzeti követőrendszernek. Ez a rendkívül összetett berendezés a szükséges pontossággal biztosítja a repülőgép orrában elhelyezett nagy energiájú lézer sugárnyalábjának célon tartását. A lézer-nyaláb szükséges mértékű fókuszálásáról a számítógép által vezérelt adaptív optikai tükör-

<sup>19</sup> Ready For Flight, US Air Force Research Laboratory, Office of Public Affairs, May 20, 2002

<sup>20</sup> A jelölésben, az Y a prototípus, az AL pedig a lézerfegyver légi bázisának (airborne laser) megjelölésére szolgál. (A szerzők)



rendszer gondoskodik. A lézernyaláb által a termelt hő, a néhány másodpercig tartó megvilágítás alatt szétroncsolja a támadó ballisztikus rakéta burkolatát, ami mindenképpen a rakéta megsemmisülését vagy repülésképtelenné válását eredményezi.

A lézerfegyverek repülőgép fedélzetén történő elhelyezése az előnyei mellett azonban – elsősorban a hordozó eszköz sajátos alkalmazási lehetőségeiből adódó – hátrányokkal is párosul. E hátrányok között az egyik legjelentősebb az a tény, hogy a hordozó repülőgép repüléséhez levegőre van szükség. Márpedig a levegő károsan befolyásolja a lézersugár terjedését. Ugyancsak hátrányos körülmény jelent, hogy a hordozó repülőgépet folyamatosan el kell látni üzemanyaggal, ami a folyamatos tevékenység esetén csak légi utántöltéssel biztosítható. Végül, de nem utolsósorban szólnunk kell arról a lehetőségről is, hogy a hordozóeszköz viszonylag könnyen megsemmisíthető. Mindezek ismeretében tehát nem is lehet csodálkozni azon, hogy e fegyverek jövőjét a szakemberek az űrbázisú lézerekben látják.

### **3.2.2. Űrbázisú lézerfegyver**

A ballisztikus rakéták elleni védelem új generációját képező *űrbázisú lézerfegyverek* (*SBL – Space-based Laser*) tényleges szolgálatba állításáig még számos problémát kell megoldaniuk a fejlesztőknek annak ellenére, hogy az Amerikai Egyesült Államokban folyó fejlesztési projektek keretében végrehajtott kísérletek már egyértelműen igazolták az elképzelések helyességét. A nehézségek természetesen nagyban megegyeznek a repülőgép-fedélzeti lézerek fejlesztésénél tapasztaltakkal. Az egyik legnagyobb problémát ebben az esetben is a szükséges teljesítmény biztosítása jelenti, amit ráadásul a lézer súlyának illetve tömegének csökkentését szem előtt tartva kell megvalósítani. Hasonlóan jelentős akadályt jelent a lézernyaláb megfelelő fókuszáltságának igénye, amit a jelen esetben a nagy távolságok és űrbeli körülmények is nehezítenek. Ráadásul tovább bonyolítja a helyzetet, hogy a lézernyalábnak nem csak az atmoszférán kívüli, hanem az atmoszférában történő szétszóródását is kompenzálni kell. Végül meg kell oldani a célkövetés, a célra irányzás illetve a sugárnyaláb megfelelő pontosságú célon tartásának problémáját is, ami a nagy távolságon, igen nagy sebességgel mozgó ballisztikus rakéta esetén egyáltalán nem könnyű feladat.



13. sz. ábra  
Az űrbázisú lézerfegyver

Az eddigi fejlesztések eredményeképpen napjainkban már rendelkezésre áll a lézernyaláb szükséges mértékű fókuszálását, illetve mozgathatóságát is biztosító, megfelelő méretű (mintegy 4 méter átmérőjű) és felületi minőségű tükör, és már számos kísérlet bizonyította a precíziós célmegjelölés, a gyors célra irányzás, és a lézersugár vibrációmentes célon tartásának lehetőségét is. Az amerikai elképzelések szerint az Amerikai Egyesült Államok ballisztikus rakéták elleni védelmét egy 20 műholdra telepített lézerfegyver-rendszer a megfelelő hatékonysággal lenne képes biztosítani. Ez a rendszer – a gyors tűzáthelyezés lehetősége mellett – a támadó rakétákat azok hatótávolságától függően 1-10 másodperc alatt semmisítené meg.

Természetesen az elért eredmények ellenére még mindig vannak megoldandó problémák, így az Amerikai Egyesült Államokban folyó fejlesztési projektek előirányzatai szerint az első, a teljes rendszert (szenzorokat, vezetési eszközöket, és a műholdra telepített lézerfegyvereket) átfogó orbitális kísérletek csak 2010 körül várhatók.

#### 4. A VEZETÉSI ÉS IRÁNYÍTÁSI ESZKÖZÖK

A védelmi rendszer erőforrásainak harmadik csoportját képező *vezetési és irányítási rendszer* integrálja egységes egészé a rendelkezésre álló eszközöket, és hangolja össze azok működését. Tulajdonképpen ez a rendszer biztosítja a rakétavédelem tervezését, valamint a tevékenységek összehangolását, és ellenőrzését a feladatok végrehajtása során. Talán ez az a rendszer, ahol a hadviselés folyamatait illetően a leginkább tetten érhető korunk egyik legújabb filozófiája, az úgynevezett *hálózatközpontú hadviselés* (NCW – Network

*Centric Warfare*). Ez, a hadműveletekben résztvevő szereplők közötti kapcsolatokra építő gondolkodásmód arra a potenciálra épít, ami a korszerű hálózatok lehetőségeiből adódó hatékony és gyors kapcsolat révén generálódik.

A hálózatközpontú megközelítés mellett az információtechnológiai eszközök közel-múltban lezajlott és még napjainkban is megfigyelhető fejlődése is jelentős hatást gyakorol a ballisztikus rakétavédelem vezetési és irányítási rendszerének hardver és szoftver elemeire egyaránt. A technikai lehetőségek fejlődésének eredményeként a védelmi rendszer elemei közötti információáramlás rendkívüli módon felgyorsult. Vagyis a rendszer egyre nagyobb teljesítményűvé, és egyre gyorsabbá, reakcióképesebbé válik, ami a fegyverrendszerek egyre hatékonyabb és pontosabb alkalmazását teszi lehetővé.

A ballisztikus rakéták elleni aktív védelmet illetően két viszonylag önálló, de akár szerves egésként is értékelhető rendszerről kell beszélni. Az egyik az Amerikai Egyesült Államok területének oltalmazását szolgáló *Nemzeti rakétavédelem (NMD – National Missile Defense)* rendszere, a másik pedig a világ más területein lévő amerikai csapatok illetve érdekeltségek, valamint a szövetséges országok oltalmazását ellátó *Hadszíntéri rakétavédelem (TMD – Theater Missile Defense)* rendszere.<sup>21</sup>

A két védelmi rendszer merev, mechanikus szétválasztása azonban annak ellenére sem lehetséges, hogy az erőforrások tekintetében a két rendszer között alapvető különbségek láthatók (1. számú táblázat). Talán akkor közelítünk a legjobban a valósághoz, ha feladatok azonosságából kiindulva a köztük lévő kapcsolatot célszerűen úgy értelmezzük, hogy *a hadszíntéri rakétavédelem tulajdonképpen nem más, mint a nemzeti rakétavédelem kiterjesztése, a „rakétavédelmi ernyő” mobilizálása a hadszínterek illetve szövetségesek fölé*. Ezt a gondolatot a leginkább a vezetési és irányítási rendszer alkalmazásának koncepciója támaszthatja alá, mivel ez már deklaráltan sem teszi lehetővé a két védelmi rendszer szétválasztását.

1. sz. táblázat  
*A ballisztikus rakéták elleni védelem eszközrendszere*  
(Forrás: *The Road to Ballistic Missile Defense from 1983-2007*, p. 30)

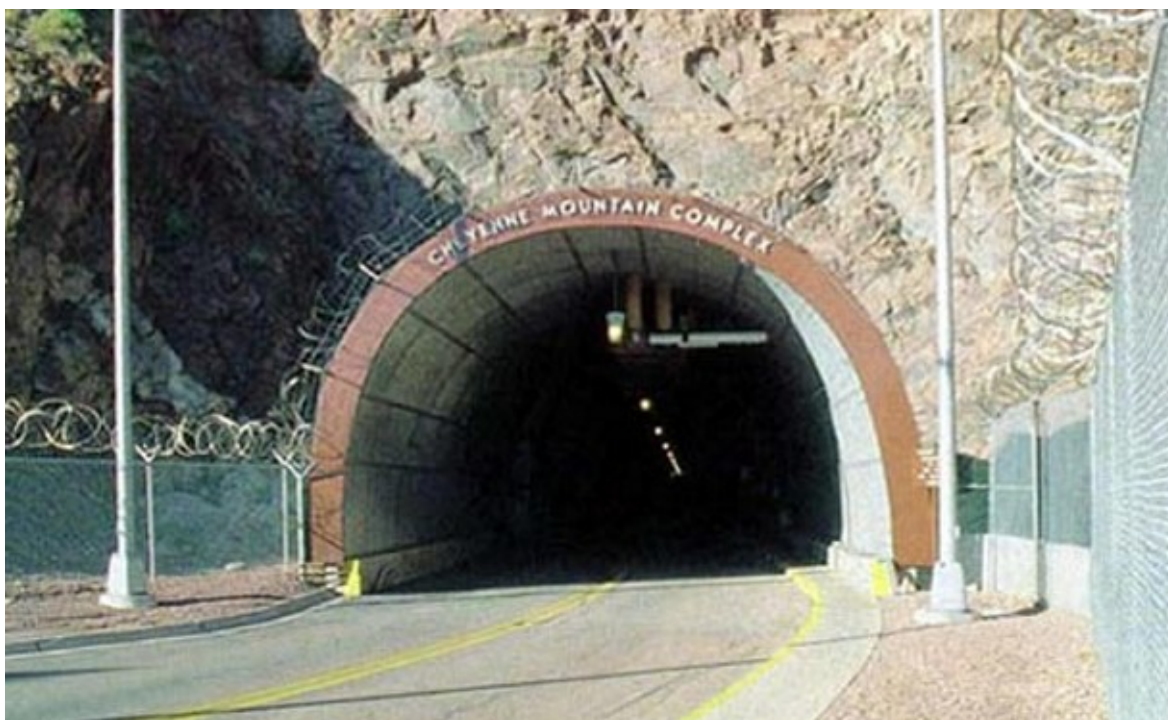
A TMD architektúrája					Az NMD architektúrája		
Röppálya szakasza	Gyorsító (boost)	Középső (midcourse)		Végső (terminal)	Gyorsító (boost)	Középső (midcourse)	Végső (terminal)
Érzékelők	DSP SBIRS	SBIRS Rendszer-radarok		Rendszer-radarok	DSP SBIRS	SBIRS GBR	GBR
Fegyverek	ABL	NTW	THAAD	PAC-3 NAD MEADS	SBL ABL	SBI GBI	GBI
Vezetés és irányítás	BM/C3				BM/C3		

<sup>21</sup> A ballisztikus rakéták elleni védelem evolúciójának részletes kifejtése, valamint a nemzeti és a hadszíntéri rakétavédelem rendszerének megvalósítását szolgáló projektek ismertetése megtalálható a szerzők által publikáltan, az Új Honvédségi Szemle 2003/7. számában, „A ballisztikus rakéták elleni védelem” címmel.

A **nemzeti rakétavédelem** rendszerének központja a Cheyenne hegységben található. A tervezéshez, a feladat végrehajtásához és a védelmi rendszer erőforrásainak irányításához szükséges hardver és szoftver elemeket valamint a kommunikációs rendszert egyaránt magába foglaló vezetési rendszer széleskörűen támogatja a parancsnoki munkát a tevékenységek előkészítésének (a tervezés, a feladatok meghatározása, kidolgozása során) és a támadás elhárításának időszakában. Tulajdonképpen ebben, az agy szerepét betöltő vezetési központban történik – az érzékelők adatainak vétele és feldolgozása után – az ellentevékenység optimális módjának kidolgozása (*resource management*) valamint itt végzik a rendelkezésre álló erőforrások alkalmazásának összehangolását, tevékenységük irányítását (*engagement control*) is.

A vezetési rendszer kommunikációs alrendszere felelős a teljes védelmi rendszer elemei közötti információcsere biztosításáért, a parancsok és a visszajelzések meghatározott helyre történő eljuttatásáért. Az űrbázisú elemekkel műholdas kommunikációt valósít meg, a földi elemekkel üvegszál alapú optikai kábelon folytat információcserét. A rendszer kiemelten kezeli a már elindított ellenrakétákkal történő kommunikációt. Az úgynevezett *repülés közbeni kommunikációs rendszer (IFICS – In-flight Interceptor Communication System)* az ellenrakétákkal folyamatos kapcsolatot tartva végzi azok irányítását, illetve az önirányító fej repülés közbeni működésének támogatását.

A hadszíntéri és a nemzeti képességekkel támogatott erők integrációjára épülő **hadszíntéri rakétavédelem** vezetési és irányítási rendszere – a passzív, az aktív védelmet és a képességsökkentő aktív műveleteket egységbe foglalva – a ballisztikus rakéták támadása esetén lehetővé teszi az ellentevékenységek megfelelő időben történő megkezdését és végrehajtását. A rendszer kulcselemeit a mobil, légi úton szállítható, és így a világ bármely részén telepíthető *összhaderőnemi harcászati földi állomások (JTACS – Joint Tactical Ground Station)* képezik, amelyek biztosítják az űrbázisú szenzoroktól érkező adatok vételét, feldolgozását, az információk (korai előrejelzés, riasztás, célmegjelölés, indítási pont, stb.) érdekeltekhez történő továbbítását, valamint az alkalmazóktól érkező információk fogadását egyaránt. E feladatok eredményes végrehajtása érdekében a rendszernek hatékony adatfűzős képességekkel és a rendkívül gyors kommunikációs lehetőségekkel kell rendelkeznie.



14. sz. ábra  
Az amerikai nemzeti rakétavédelmi rendszer vezetési központjának  
bejárata Cheyenne hegységben

A rendszer három, eltérő sajátosságokkal rendelkező funkcionális összetevőből áll. Az első összetevő az úgynevezett *összhaderőnemi tervező hálózat* (*JPN – Joint Planning Network*), ami tulajdonképpen egy nem valós idejű, globális jellegű vezetési és irányítási rendszer. A második összetevő az *összhaderőnemi adathálózat* (*JDN – Joint Data Network*), ami az űrbázisú érzékelők korai információknak közel valós idejű továbbítását illetve elosztását biztosítja. Végül a harmadik összetevő az *összhaderőnemi kompozit követő hálózat* (*JCTN – Joint Composite Tracking Network*), ami egy olyan valós idejű telekommunikációs hálózatként értékelhető, ami különböző típusú szenzorok és fegyverrendszerek alkalmazása esetén is lehetővé teszi a támadó rakéták elleni összehangolt tevékenységet. Ez, a szenzorok adatfúzióján alapuló rendszer, egy magasabb minőséget képviselő, tisztázott légi helyzet kép (*SIAP – Single Integrated Air Picture*) létrehozása céljából összegyűjti és egyesíti a szenzorok mérési adatait.

A fejlesztés során kiemelt figyelmet fordítottak, és fordítanak még napjainkban is a nyílt, és titkos csatornákat egyaránt tartalmazó kommunikációs struktúra kialakítására, ami az elképzelések szerint szélessávú, egyenes rálátású földi rádiórelé vonalakat, műholdas kommunikációs vonalakat és más, hang- és képtovábbításra egyaránt alkalmas kommunikációs komponenseket tartalmaz. A rendszerrel szembeni egyik legfontosabb követelmény, hogy biztosítsa az információk rendeltetésüktől függő, szelektált és vezérelt eljuttatását egy széles felhasználói kör számára, vagy címzetten egy szűkebb kör számára.

A nemzeti és a hadszíntéri rakétavédelmi rendszer egységének illetve szétválaszthatóságának tekintetében nem azonos a szakemberek állásfoglalása. Ennek ellenére – függetlenül attól, hogy a rakétavédelmet egységes egészként vagy két külön rendszerként értékeljük –, mintegy zárszóként egyértelműen megállapíthatjuk, hogy a korszerű vezetési és irá-

nyítási rendszerek napjainkban még talán nem is látható távlatokat nyitnak a légi hadviselés területén. Rendszerbeállításukkal még az olyan, jelenleg a tankönyvek lapjain csak lehetőségként megjelölt eljárások alkalmazása is lehetővé válik, mint amilyen a vadászrepülőgépek és a légvédelmi rakétacsapatok egy közös zónában (*JEZ – Joint Engagement Zone*) való alkalmazása.

\*\*\*

A ballisztikus rakéták elleni aktív védelem eszközrendszerének e rövid áttekintése végén talán nem követünk el nagy hibát, ha hosszas összegzés és magyarázkodás helyett egyszerűen csak kijelentjük, hogy egy ténylegesen is alkalmazható rakétavédelmi rendszer kifejlesztésére, kiépítésére és üzemeltetésére igazából csak a jelentős pénzügyi forrásokkal rendelkező nemzeteknek, vagy országok szövetségének lehetnek esélyei. Mivel e rendszerek megvalósítása rendkívül költségigényes, és még az olyan gazdasági háttérrel rendelkező országok számára is megterhelő, mint amilyen az Amerikai Egyesült Államok, ezért a kisebb nemzetek számára – hacsak nem akarják hozzájárulás nélkül, szemlesütve elviselni a mások által biztosított védelmet – nem is marad más lehetőség, mint az, hogy szövetségi keretekben gondolkodva megtalálják azokat a lehetőségeiket illetve képességeiket, amikkel aktív részesei lehetnek a védelmi rendszer kiépítésének.



## FELHASZNÁLT IRODALOM

1. *Airborne Laser, BMDO Fact Sheet 301-00-11, November 2000*
2. *Alberts – Gartska – Stein: Network Centric Warfare. Developing and Leveraging Information Superiority (2<sup>nd</sup> edition) Library of Congress, Washington, August 1999.*
3. *Ballistic Missile Defense Program Focus, BMDO Fact Sheet AQ-00-01, April 2000*
4. *Field Manual 44-85 Patriot Battalion and Battery Operations. Washington DC : Headquarters of the Army, 1997*
5. *Garwin, Richard L.: Technical Aspects of Ballistic Missile Defense, Presented at Arms Control and National Security Session, APS, Atlanta, March 1999*
6. *Gronlund – Lewis – Postol – Wright: The Weakest Line of Defense: Intercepting Ballistic Missiles (Chapter five) in Massachusetts Institute of Technology Defense and Arms Control Studies Program*
7. *Harnessing the Power of Technology : The Road to Ballistic Missile Defense from 1983-2007, BMDO Department of Defense, 2000*
8. *Medium-range Extended Air Defense System, BMDO Fact Sheet 210-00-11, November 2000*
9. *Molnár Sándor: A harcászati ballisztikus rakéták elleni tevékenység lehetőségei a NATO integrált légvédelmi rendszerében. Szakdolgozat. Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Budapest, 1999.*
10. *Navy Theater Wide, BMDO Fact Sheet 301-00-11, November 2000*
11. *Patriot Advanced Capability, BMDO Fact Sheet 203-00-11, November 2000*
12. *Ruttai – Krajnc – Kalmár: A ballisztikus rakéták elleni védelem, Új Honvédségi Szemle 2003/7. sz. p. 23-41*
13. *Szentesi György: Korlátozott rakétavédelem, Ármádia, III. évfolyam 4 szám, 2002. december p. 30-31*
14. *Szentesi György: A hadászati támadóegyver-rendszerek és az ellenük való védekezés lehetőségei az ezredfordulón, Védelmi tanulmányok (38), Budapest, SVKI, 2000.*
15. *Theater High Altitude Area Defense, BMDO Fact Sheet 204-00-11, November 2000*
16. *Union of Concerned Scientists Fact Sheet and A Missile Defense With Limits: The ABC's of the Clinton Plan*
17. *Wirsig, Gerald W.: The Airborne Laser and the future of Theater Missile Defense, A Research Paper Presented To The Research Department Air Command and Staff College, March 1997*